

再生アスファルト混合物に低品質再生骨材を有効利用するための製造に関する研究

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

1. はじめに

わが国の道路舗装には、主にアスファルト舗装が運用されている。アスファルト舗装は、供用過程で交通荷重や自然作用によって劣化が進行し、比較的短いサイクルで修繕あるいは再構築される。修繕工事等で発生したアスファルトコンクリート廃材（以下、アスコン発生材）は、中間処理施設で破砕、分級されて再利用されている。破砕、分級処理したアスコン発生材は、舗装再生便覧の規定¹⁾に基づいて品質評価が行われ、品質基準を満足しているものは再生骨材として、基準を満足していないものは再生砕石として利用される。

再生骨材を使用したアスファルト混合物は、再生アスファルト混合物（以下、再生混合物）と称され、その年間製造割合はアスファルト混合物総製造量の75%を超えている²⁾。また、再生混合物における再生骨材の配合率も年々上昇しており、2016年度における関東地域の平均配合率は概ね60%となっている³⁾。高水準の製造割合および配合率での運用により、再生骨材は2サイクル目、3サイクル目と繰り返し再利用されている。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品質低下を促し、針入度の低下および圧裂係数の上昇に直結している。そのため、今後においては、品質基準を満足しない再生骨材の増加が懸念されている。このような背景から、低品質の再生骨材を再生混合物に有効利用するための具体的な手法が求められている。

2. 本研究の目的および検討内容

本研究では、低品質の再生骨材を再生混合物に有効利用するための手法を提案することを目的に、再生混合物の製造時における具体的な改善や対策について検討を行った。本研究での「低品質」とは、アスコン発生材に付着している旧アスファルトが表1に示す再生骨材の品質基準を満足していないことである。以下、このようなアスコン発生材を基準外再生骨材と称する。通常、基準外再生骨材は粒状路盤や埋め戻し用の再生砕石として再利用されるが、基準外再生骨材の急激な

増加が懸念されていることから、基準外再生骨材も再生混合物の資材として利用する研究も行われている。覚張らによると、配合率10%程度であれば、基準外再生骨材を再生混合物に使用することが可能であるとしている⁴⁾。しかしながら、基準外再生骨材を高配合率で使用する場合の配合および製造に関する検討事例は少ない。そこで本研究では、基準外再生骨材の配合率を関東地域の現状に基づき60%として検討を行った。

現在、アスファルト再生プラントにおいては、再生骨材と新規骨材を別々に加熱乾燥して混合する併設加熱混合方式が主に採用されている。再生骨材は再生用添加剤（以下、添加剤）を用いて旧アスファルトの性能を回復させてから新規材料と加熱混合されるが、併設加熱混合方式において添加剤の投入方法や養生時間等は規定されていない。そのため、プラント独自で添加と養生の方法を決定して運用していることから、具体的にどれくらいの温度、どれくらいの時間で養生することが効果的なのかは明らかになっていない。

本研究では、基準外再生骨材に添加剤を添加、混合し、その後の養生温度と養生時間を変化させた場合の再生混合物への影響について確認した。本研究で検討した養生温度および養生時間の設定条件を表2に示す。

表1 再生骨材の品質基準

品質評価指標		基準値
旧アスファルト	針入度 (1/10mm)	20 以上
の性状	圧裂係数 (MPa/mm)	1.70 以下

表2 養生温度と時間の条件

養生温度 (°C)	養生時間 (h)
60, 130	1, 3, 6
155	0, 0.5, 1

3. 再生混合物の配合設計

再生骨材の品質評価において、旧アスファルトの性

状評価には針入度と圧裂係数が評価指標に設定されており、そのどちらかを満足していれば再生骨材として使用できることになっている。表3に本研究で実際の再生プラントから採取した再生骨材の品質を示す。当該再生骨材は表1に示した品質基準を満足していないため、本来は再生骨材として使用できない基準外再生骨材である。本研究の目的を鑑みれば検討対象として適していることから、本研究では当該骨材を用いて配合設計を行った。

再生混合物の種類は最大骨材粒径が13mmの密粒度アスファルト混合物とし、舗装再生便覧に示される骨材粒度範囲の中央粒度を目標とした。再生骨材は0~5mmと5~13mmに分級し、合計の配合率が60%となるように組み合わせた。図1に骨材の粒度曲線を示す。なお、基準外再生混合物および新規混合物のアスファルト量は、マーシャル安定度試験により決定した。

4. 直接引張試験による再生混合物の性能評価

(1) 試験要領

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、角柱状供試体の両端に一定速度で引張変位を与えることで、供試体の引張強度および破壊時のひずみを測定する試験法である。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変形追従できる程度を意味する。本研究における直接引張試験の条件を表4に、直接引張試験の実施状況を図2にそれぞれ示す。

(2) 試験結果および考察

直接引張試験の結果として、再生骨材の養生温度

表3 使用骨材の品質

品質評価指標		基準値	プラントで採取した骨材	判定
旧アスファルトの性状	針入度 (1/10mm)	20 以上	11	×
	圧裂係数 (MPa/mm)	1.70 以下	2.59	×

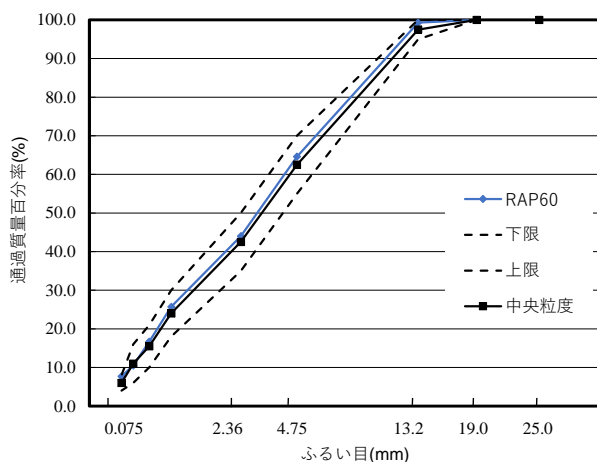


図1 骨材の粒度曲線

表4 直接引張試験の試験条件

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



図2 直接引張試験の実施状況

60°Cに対する供試体の破壊強度と破壊時ひずみを図3および図4に、養生温度130°Cに対する破壊強度と破壊時ひずみを図5および図6に、養生温度155°Cに対する破壊強度と破壊時ひずみを図7および図8にそれぞれ示す。

一般的に、アスファルト混合物は、劣化が進行するにしたがって破壊強度は大きく、破壊時ひずみは小さくなると言われている。一方で、破壊時ひずみが大きいほど変形追従性に優れ、ひび割れ抵抗性が高いものと評価される。養生温度155°Cにおいて、養生時間が長くなるにしたがって破壊強度が大きくなる傾向が認められる。これは高温で長い時間養生することにより、旧アスファルトの劣化や添加剤の揮発が進行し、再生効果が損なわれたものと考えられる。また、各養生温度での破壊時ひずみに着目すると、養生温度60°Cにおいては養生時間1時間で、養生温度130°Cにおいては養生時間6時間で、養生温度155°Cにおいては養生時間0時間（養生なし）で破壊時ひずみが最大となっている。そのため、これらの養生条件でひび割れ抵抗性が多少向上しているものと考えられる。しかしながら、その向上の程度は小さいことから、養生時間と破壊時ひずみの相関性は確認できない。

また、各養生温度において破壊時ひずみが最大となった養生時間の結果を抜粋して図9にまとめる。養生温度による破壊時ひずみの差異は小さく、養生温度と破壊時ひずみの相関性も確認できない。これらのことから、再生混合物の製造時における再生骨材と再生用添加剤の混合養生について、高温条件の155°Cであっても1時間程度であれば劣化進行の悪影響は小さいと評価される。また、再生混合物製造の次の工程では165°C程度で新規材料と混合することになるため、混合物の温度を下げないという観点から155°Cのほうが適当である。ただし、1時間を超える長時間になるとバインダー類の劣化による硬化が懸念される。

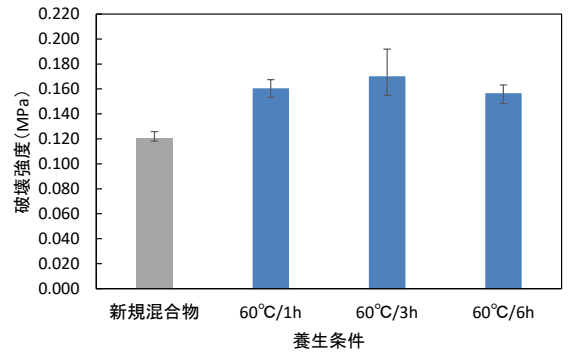


図3 破壊強度（養生温度 60°C）

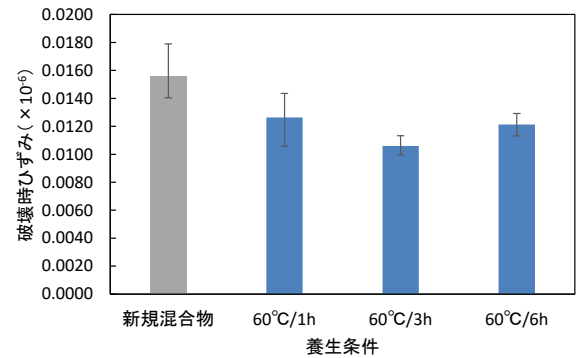


図4 破壊時ひずみ（養生温度 60°C）

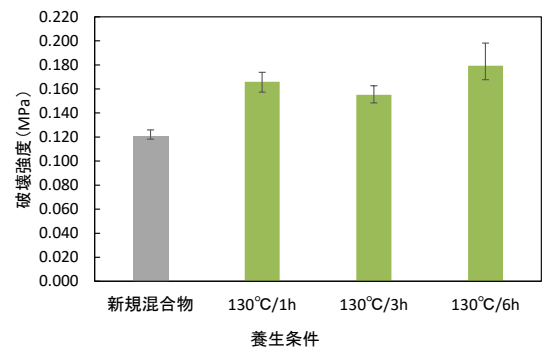


図5 破壊強度（養生温度 130°C）

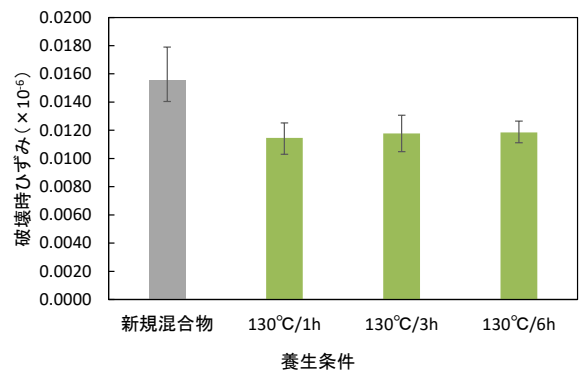


図6 破壊時ひずみ（養生温度 130°C）

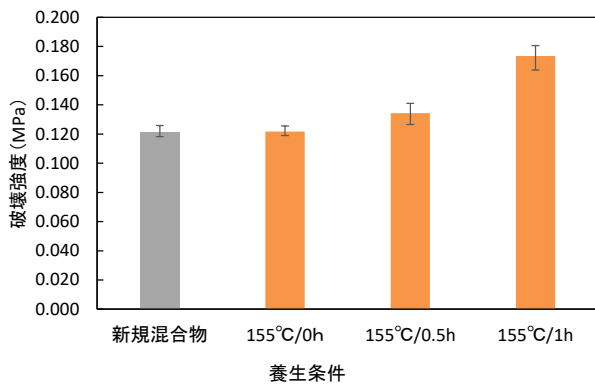


図7 破壊強度 (養生温度 155°C)

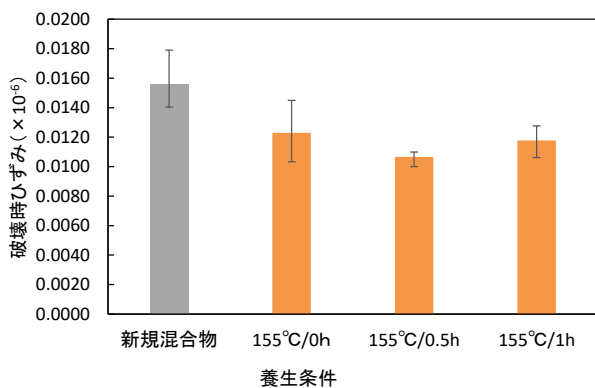


図8 破壊時ひずみ (養生温度 155°C)

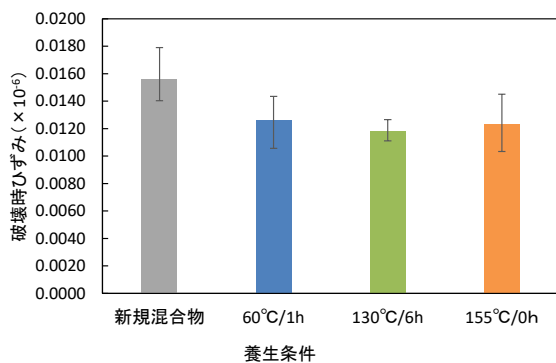


図9 破壊時ひずみ (各養生温度)

5. まとめ

本研究の検討で得られた知見をまとめると以下のとおりである。

- 基準外再生骨材と添加剤を混合したものを 155°C 程度の高温で養生する場合、1 時間を超える長い時間になると熱劣化によるバインダー類の硬化が引き起こされる。

- 130°C以下の温度条件であれば、加熱による硬化を引き起こすことなく、養生時間を6時間程度としてもひび割れ抵抗性への影響は小さい。
- 実際の製造工程を考慮すると、比較的低い温度での養生の場合は、再生骨材の温度を新規骨材の温度と同程度に上げる必要があり、工程や品質の管理が煩雑となる。そのため、実務レベルでの基準外再生骨材と再生用添加剤の加熱養生は、155°Cで1時間以内の養生が適当である。

本研究では、これから増加が予想される低品質の再生骨材を再生混合物に有効利用するための製造方法について検討した。具体的には、添加剤と混合後の再生骨材に対して養生温度と時間を変化させ、その影響を確認した。しかしながら、ひび割れ抵抗性を向上できるような養生温度や養生時間を限定することができなかった。そのため、今後の検討としては、再生混合物の製造段階ではなく配合設計の段階で混合する資材、特に添加剤と新規アスファルトに注目して、低品質再生骨材を再生混合物へ有効利用するための手法を模索する必要がある。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：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，pp.11-12，2010.
- 2) 一般社団法人日本アスファルト合材協会：資料・広報委員会，アスファルト合材製造数量推移（全国），http://www.jam-a.or.jp/images/activity/act02/act02_suii_202108.pdf，2021
- 3) 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，pp42，2020.
- 4) 覚張涼平，高橋 修：規格外再生骨材を使用した再生アスファルト混合物の配合設計に関する研究，長岡技術科学大学修士論文 pp37，2019.