

木質バイオマスを活用したアスファルト再生用添加剤の開発

日大生産工(院) ○野元 優太
日大生産工 加納 陽輔

ハリマ化成(株) 野村 公太
高谷 竜成
齋藤阿須香

1. はじめに

近年, あらゆる生産分野において資源の利活用, ならびに環境負荷の低減が強く求められる. 道路分野においても舗装材料の繰返し再生をはじめ, 舗装の長寿命化およびLCC/LCCO₂の削減に向けた技術開発が進められている. 今後も, メンテナンスサイクルの最適化およびカーボンニュートラルの実現を目指すうえで, 環境調和型資材の高品質化および普及がひとつの鍵となる.

現在, 舗装再生において供用後の骨材(以下, 再生骨材)に対し, 石油由来のアスファルト再生用添加剤(以下, 再生用添加剤)を加えた利活用が行われている. カーボンニュートラルの実現を目指す中, 石油製品の生産が減少する傾向にあり, 石油由来である再生用添加剤もまた生産量の減少が予測される. 加えて, 近年, 再生用添加剤を用いた利活用において再生骨材の品質低下, 規格値を満たさない再生骨材の増加が問題視され, 規格外の再生骨材に対し利活用の検討が求められる.

舗装分野では資源の利活用, メンテナンスサイクルの最適化, カーボンニュートラルの実現の背景から長寿命化に向け, 廃プラスチックや廃タイヤなど他産業再生資源の利用検討が行われてきた. 近年では, 木質バイオマス原料に着目した資源の利用検討が国内外で盛んに行われている¹⁾. 国外では植物系バインダーや再生用添加剤の利用が報告されているが国内では検討こそされているものの実用化には至っていない²⁾.

以上を背景とし, 本研究では環境調和型資材を用いた再生混合物の高品質化を目指して, 木質バイオマスを活用した再生用添加剤の開発を試みた. なお, 開発に際しては道路舗装のLCC/LCCO₂の削減を前提とし, 旧アスファルトに対する性状回復効果および再生加熱アスファルト混合物(以下, 再生混合物)の強度特性を既往の各種再生用添加剤と比較評価した.

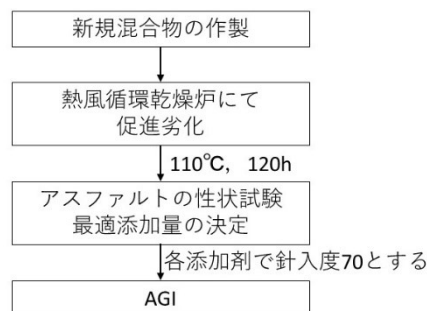


図1 促進劣化・再生手順

表1 ストアス・再生用添加剤の性状

	密度 (g/cm ³)	針入度 (1/10mm)	軟化点 (°C)	伸度 (cm)	構成成分比率(%)			
					飽和分	芳香族分	レジン分	アスファルテン分
ストアス	1.040	71	47.5	100+	5.1	63.6	16.9	14.4
飽和系	0.916	-	-	-	64.2	22.7	11.5	1.7
芳香族系	0.970	-	-	-	7.7	70.9	20.5	1.0
植物系①	0.952	-	-	-	0.3	51.2	40.3	8.2
植物系②	0.982	-	-	-	0.8	0.5	93.9	4.8

2. 植物系添加剤の再生性能

2.1. 試験概要

実験では, 実路で供用された再生骨材(以下, RAP)に加え, 実験室内にて混合物を促進劣化させることにより作製した再生骨材(以下, AGI)を用いた. AGIの作製手順を図1に示す. なお, 促進劣化では新規密粒度混合物(13)を締固めない状態にて, 薄く広げアルミ箔をかぶせたうえで, 熱風循環乾燥炉にて針入度が20となるまで促進劣化を行った. その後, 抽出回収を行い針入度が70となるよう再生用添加剤を添加した.

混合物は, 舗装用ストレートアスファルト60/80(以下, ストアス)を使用し, 各条件で最適アスファルト量を決定した. 再生用添加剤は試作した植物系添加剤2種類(以下, 植物系①, 植物系②)に加え, 現在一般的に使用されている飽和分, 芳香族分の割合の多いもの(以下, 飽和系, 芳香族系), 合計4種類を使用した. ストアスおよび各再生用添加剤の性状を表1に示す.

Development of Additives for Asphalt Reclamation Using woody biomass

Yuta NOMOTO Yosuke KANOU

Kota NOMURA Ryusei TAKATANI Asuka SAITO

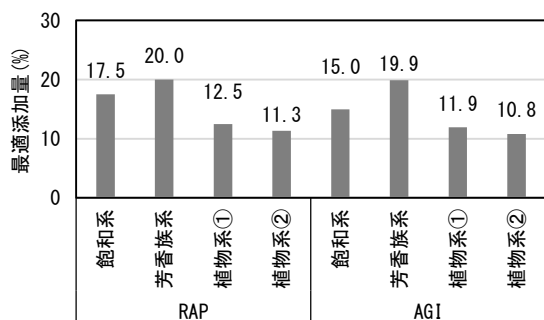


図2 最適添加量

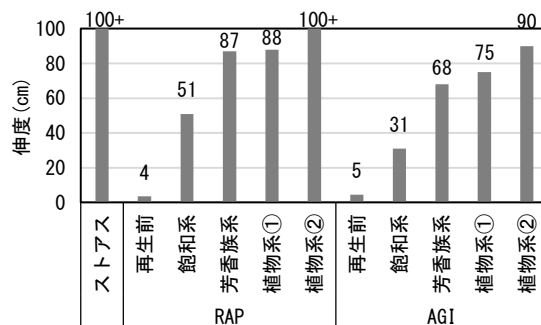


図4 伸度試験

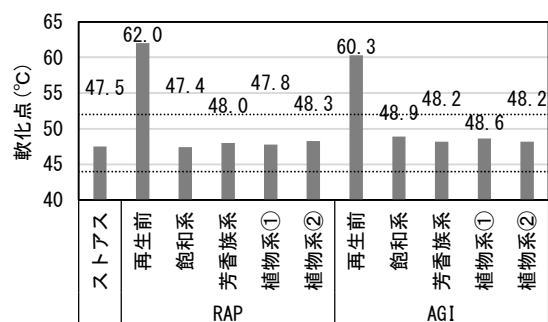


図3 軟化点試験

表2 再生混合物の基本的物性

	再生骨材率 (%)	添加剤種類	最適アス量 (%)	密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)
新規	-	-	5.4	2.414	3.4	78.7
RAP	40%	飽和系	5.4	2.389	3.8	76.3
		芳香族系	5.4	2.392	3.8	76.7
		植物系①	5.4	2.395	3.7	77.3
		植物系②	5.4	2.402	3.4	78.7
	80%	飽和系	5.1	2.427	3.5	77.2
		芳香族系	5.1	2.437	3.3	79.1
		植物系①	5.1	2.434	3.4	78.1
		植物系②	5.1	2.436	3.3	78.5
AGI	40%	飽和系	5.5	2.373	4.1	77.0
		芳香族系	5.6	2.375	3.8	75.6
		植物系①	5.4	2.372	4.3	74.3
		植物系②	5.4	2.371	4.4	73.8
	80%	飽和系	5.3	2.393	4.0	76.8
		芳香族系	5.3	2.401	3.7	75.5
		植物系①	5.1	2.399	4.1	74.1
		植物系②	5.3	2.386	4.4	74.1

2.2. 再生アスファルトの評価

各劣化骨材から抽出したアスファルトバインダーに対して、舗装調査・試験法便覧³⁾に従い針入度試験を実施し、針入度が70となる再生用添加剤の最適添加量を決定した。また、針入度70まで回復させたアスファルトバインダーに対し軟化点試験、伸度試験を実施した。

2.3. 再生混合物の評価

RAP, AGIを40%, 80%配合し、4種類の各添加剤により再生させた混合物に対し、舗装調査・試験法便覧³⁾に従いマーシャル安定度試験、圧裂試験、ホイールトラッキング試験、海外の規格であるAASHTOに規定されたI-FIT (AASHTO TP124-20)⁴⁾試験を実施した。圧裂試験の試験条件は0・20・60℃の3条件とし、I-FIT試験の試験条件は-15・0・10・15・25・40℃の6条件に設定した。

2.4. 試験結果

2.4.1. 再生アスファルトの評価結果

RAP, AGIを針入度70とするための再生用添加剤の最適添加量を図2に示す。RAP, AGI共に、芳香族系が最も添加量が多く、次いで飽和系、植物系①、植物系②といった順に添加量が少ない。特に植物系②は芳香族系と比較し、半分程度の添加量で針入度を70ま

で回復することができた。次に、再生アスファルトの軟化点を図3に示す。RAP, AGIの再生アスファルトは4種類すべての添加剤において、再生アスファルトの品質規格⁵⁾である44~52℃の範囲(図中点線)内となった。次に、再生アスファルトの伸度を図4に示す。植物系①、植物系②共に飽和系、芳香族系よりも添加量が少ないが、伸度の回復効果が高い結果となった。

2.4.2. 再生混合物の評価結果

1) マーシャル安定度試験

マーシャル安定度試験より求めた混合物の基本物性を表2に示す。RAP, AGI共に再生骨材率の増加に伴い、密度も増加したこのことにより、最適アスファルト量が減少する傾向がみられた。

2) 圧裂試験

20℃における圧裂試験より求めた圧裂強度と変位量の関係を図5、図6に、圧裂係数と0℃/60℃より求めた圧裂強度比を図7、図8に示

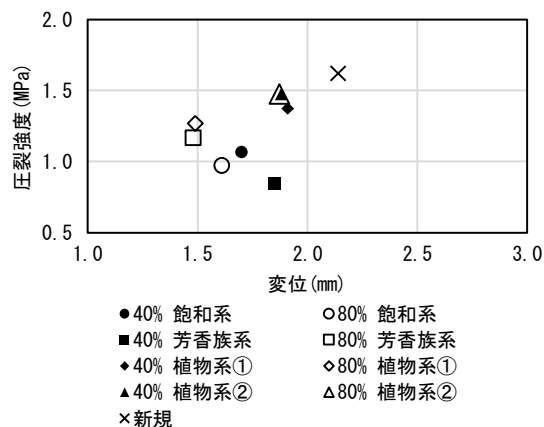


図5 RAP 20°Cの圧裂強度と変位量

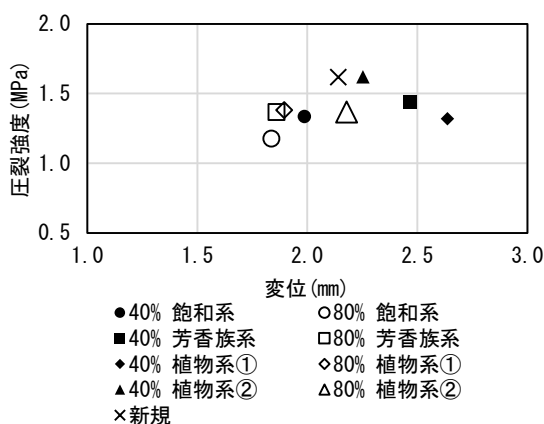


図6 AGI 20°Cの圧裂強度と変位量

す。RAP, AGI共に再生骨材率の増加により変位量が減少した。圧裂係数は再生アスファルト60/80において目標値が0.4~0.6となっているが⁵⁾、範囲内に収まっているのはRAP40%の芳香族系, AGI40%の芳香族系, 植物系①のみとなった。圧裂強度比はRAP, AGI共に配合率40%では植物系①, 芳香族系, 植物系②, 飽和系の順に高い値であった。配合率80%では芳香族系最も高く, RAPでは飽和系, AGIでは植物系①が最も低い値であった。

3) ホイールトラッキング試験

ホイールトラッキング試験の結果を図9に示す。再生骨材率40%では, 植物系①, 植物系②共に飽和系, 芳香族系よりも高い動的安定度(以下, DS)が得られた。再生骨材率が80%の混合物ではRAP, AGIにおいては同様に植物系①, 植物系②共に飽和系, 芳香族系よりも高いDSが得られた。特にRAP80%で比較すると, 飽和系, 芳香族系と比較して1.7倍ほど高い値であった。また, RAP, AGIの再生骨材によって大きく差の出た試験であったといえる。

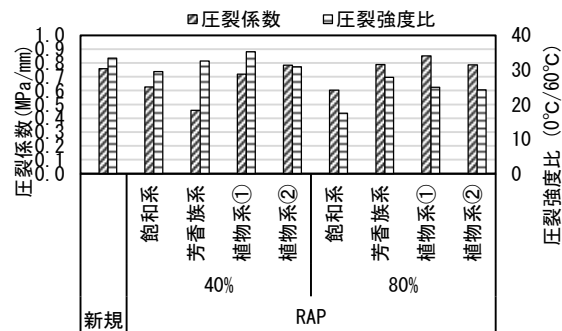


図7 RAP 圧裂係数と0°C/60°C圧裂強度比

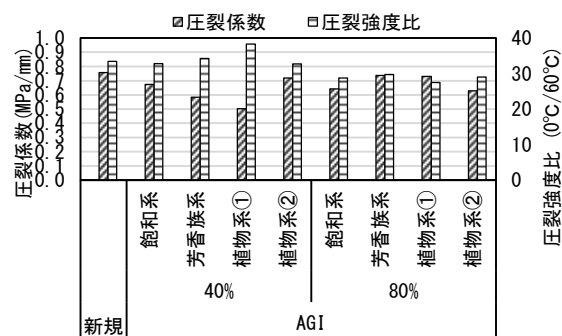


図8 AGI 圧裂係数と0°C/60°C圧裂強度比

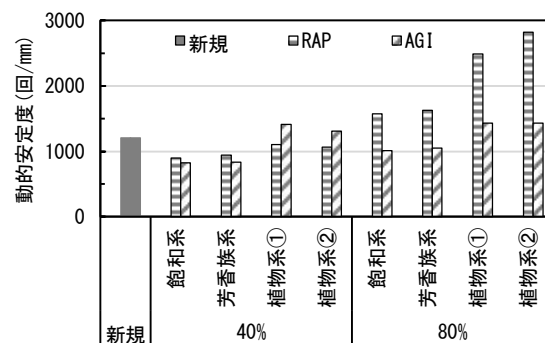


図9 再生混合物の動的安定度 (DS)

4) I-FIT試験

I-FIT試験の結果を図10, 図11, 図12に示す。RAPの破壊エネルギーにおいては再生骨材率が高くなるとグラフのピークが低温側に寄り, 再生骨材率40%の植物系②は新規と同様に25°Cの試験温度で最大値を示し, グラフが近似している。AGIの破壊エネルギーにおいては40%の配合の場合, 芳香族系以外の混合物が25°Cにおいて最大値を示した。80%配合の飽和系, 植物系②は15°Cで最大値を示した。

25°Cの破壊エネルギーのみに着目した場合, 再生骨材率の増加に伴い破壊エネルギーの低下が確認できた。RAP及びAGI40%では植物系の破壊エネルギーが高いことが分かる。

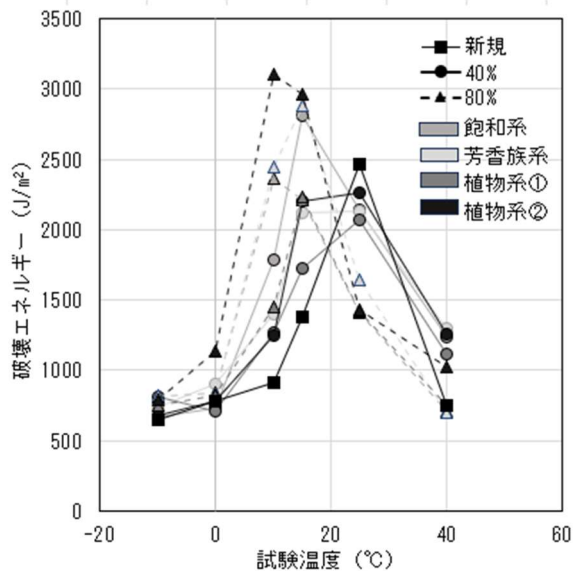


図10 RAP破壊エネルギー

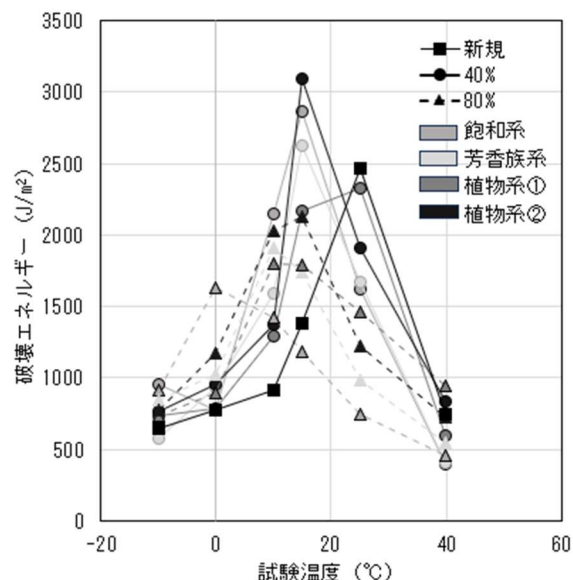


図11 AGI 破壊エネルギー

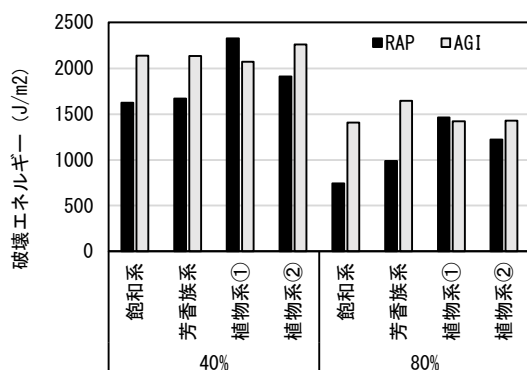


図12 25°C破壊エネルギー

3. まとめ

本研究から得た知見を以下にまとめる。

- 植物系再生用添加剤は、従来品よりも少ない量でアスファルトの針入度、軟化点、伸度を回復させることができ、特に従来品で回復効果の見込めない伸度へ高い回復効果を確認することが出来た。
- 植物系②について、RAP, AGIでは針入度、軟化点、伸度が回復しているにもかかわらず圧裂係数が目標値を満足していない。特に植物系②は常温で粘性が小さく、骨材とのなじみが悪いため再生骨材に付着する旧アス全体に添加剤がなじんでいないことが考えられる。利用する添加剤の特性に合わせて混合方法や工程の見直しを検討する必要があるといえる。
- 植物系再生用添加剤は圧裂強度比、DSの値を比較すると、低温時、高温時においても飽和系、芳香族系と同等の性状である。
- 再生性能の評価として破壊エネルギーを比較した時RAP,AGIともに再生骨材率の低い40%では高い破壊エネルギーを示している。再生骨材率が低い場合、ひび割れ抵抗性の向上が確認できた。

以上から、植物系再生用添加剤は新たな舗装用素材としての活用が期待できる一方で、改善すべき点も確認することができた。再生混合物の性状から再生用添加剤の再生性能を評価し既往の添加剤より優れた性能を確認することができた。今後は耐劣化性など長期供用を見据えた検討も必要である。今後も引き続き社会課題の解決に向け、石油製品に頼らない舗装用素材の開発を続ける必要がある。

4. 参考文献

- Is this the end of the road for bio-inspired road construction materials? RILEM Technical Letters Vol.7(2022), 2022.9
- 「バイオアス混合物追跡調査」大成ロテック, 日刊建設工業新聞, 2022.10
- 舗装調査・試験法便覧, 公益財団法人日本道路協会, 2019.3
- Standard Method of Test for Determining the Fracture Potential of Asphalt Mixtures Using the Illinois Flexibility Index Test (I-FIT) American Association of State Highway and Transportation Officials 2022.
- 舗装再生便覧, 公益財団法人 日本道路協会, 2022.1