

再生用添加剤の組成の違いが繰り返し再生されたアスファルトの性状に与える影響

大成ロテック(株) 生産技術本部 技術研究所 ○湯川誠二郎
 同 唐木 健次
 同 加納 孝志

1. はじめに

わが国では、アスファルト舗装発生材（以下、発生材）のリサイクル技術は、1980年代に広く普及し、現在は2～3回目以上、再生利用された発生材が再生骨材として利用している段階と推察される。既往の研究では、劣化と再生を繰り返したアスファルトやアスファルト混合物は、再生用添加剤の性質の違いにより、徐々にその性状が変化することが示唆^{1), 2)}されており、永続的にアスファルト混合物を再生利用するためには、繰り返し再生利用されることを考慮した再生用添加剤の性質を明らかにする必要がある。

近年では、欧州などを中心に環境負荷の少ない植物由来の再生用添加剤（以下、植物系添加剤）が開発されている³⁾が、植物系添加剤を用いてアスファルト混合物が繰り返し再生利用された場合の再生アスファルトの性状については明らかとなっていない。

このことを踏まえ筆者らは、海外で開発された植物系添加剤とこの植物系添加剤とは組成の異なるわが国で市販されているアスファルト系の再生用添加剤（以下、アス系添加剤）を用いて繰り返し再生したアスファルトの物理的性状と組成を確認した。本文では、その結果について報告する。

2. 試験概要

2-1. 実験手順

本検討では、舗装用石油アスファルト 60/80 を TFOT と PAV を用いて促進劣化させた後、劣化したアスファルトをそれぞれアス系添加剤と植物系添加剤を用いて針入度 70(1/10mm)を目標に調整した。また、再生用添加剤で針入度を 70 に調整したアスファルト（以下、調整アス）は、所定の比率で新アスファルト（舗装用石油アスファルト 60/80）を配合して再生アスファルト（以下、再生アス）とし、この再生アスを再び促進劣化する手順を 5 回繰り返し行った。試験手順を図-1 に示す。なお、促進劣化は「A046 薄膜加熱試験方法 (JIS K 2207 : 1996 準拠)⁴⁾」と「A059 加圧劣化試験方法⁴⁾」に準拠して実施し、調整アスと新アスファルトの配合比率は近年の都市部での再生骨材配合率の統計値⁵⁾を踏まえ 6:4 とした。

2-2. 使用材料

使用した新アスファルト、再生用添加剤の性状を表-1 示す。

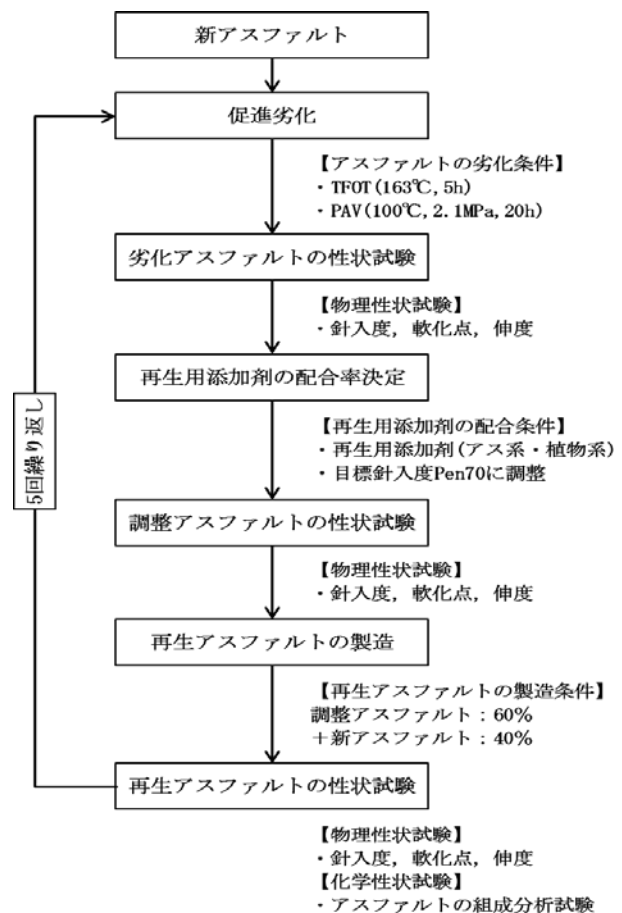


図-1 試験方法

表-1 新アスファルトと再生用添加剤の性状

種類	密度 (g/cm ³)	動粘度 (mm ² /s) 60℃	針入度 (1/10mm)	軟化点 (℃)	伸度 (cm) 15℃	アスファルト組成分析 (%)			
						アスファル テン分	レジン分	芳香族分	飽和分
新アスファルト (舗装用石油アスファルト60/80)	1.038	—	66	47.5	100+	16.8	17.5	58.8	7.0
添再生 剤用	アスファルト系添加剤	1.012	258.0	—	—	1.0	9.0	67.0	23.0
	植物系添加剤	0.930	43.0	—	—	4.0	96.0	0.0	0.0

2-3. アスファルトの評価試験方法

繰り返し再生した 1~5 回のアスファルトの物理的性状は、舗装調査・試験法便覧⁴⁾にしたがって針入度試験、軟化点試験、伸度試験を実施して確認した。また、再生 5 回目の再生アスの化学的性状については、組成分析試験⁶⁾を実施して確認した。

なお、組成分析試験は、(株)LSI メディエンス社製のイアトロスキャン (MK-6s) を用いて薄層クロマトグラフ法 (以下、TLC/FID 法) にて行った。この TLC/FID 法は、棒状の薄層吸着層上でアスファルトを 4 つの成分 (アスファルテン分、レジン分、芳香族分、飽和分) に分離操作し、それぞれの成分を水素炎でイオン化し検出する方法を組み合わせた分析方法である。試験条件を表-2 に、測定方法の概念を図-2⁷⁾ に示す。

表-2 TLC/FID 法の概要

概要	
吸着層	棒状薄層吸着層 (担体: シリカゲル)
検出器	水素炎イオン化検出器 (有機成分を水素炎中で燃焼させ、発生イオン電流を検出)
操作方法	①飽和分の展開 : 吸着層上にアスファルトをスポットした後、ヘキサンにて展開 (展開距離 10cm) ②芳香族分の展開 : トルエンにて展開 (展開距離 5cm) ③レジン分の展開 : ジクロロメタン+メタノール混液 (95:5) にて展開 (展開距離 2cm) ④アスファルテン分 : いずれの溶液でも展開されなかった成分をアスファルテン分とする ⑤各成分の濃度分析 : 棒状薄層吸着層を乾燥後、各成分の濃度比を FID 検出器で測定する

3. 試験結果

それぞれの再生用添加剤を用いた場合の調整アスと再生アスの性状を確認した結果を以下に示す。

3-1. 針入度試験

針入度試験結果を図-3 に示す。図より、調整アスと再生アスの針入度は 65~72 (1/10mm) となっており、設定した再生が繰り返し行えたことを確認した。

3-2. 軟化点試験

軟化点試験結果を図-4 に示す。

(1) アス系添加剤

アス系添加剤を使用した場合の調整アスと再生ア

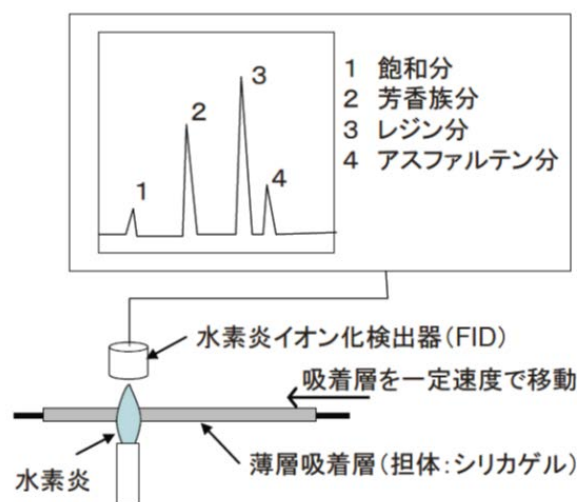


図-2 TLC/FID 法の概念⁶⁾

スの軟化点は、再生 1 回目が 46.5℃であったのに対し、再生 5 回目が 47.0 と 47.5℃となり、新規アスファルトの軟化点（47.5℃）と同程度であった。

(2) 植物系添加剤

植物系添加剤を使用した場合の調整アスの軟化点は、再生 1 回目が 47.0℃であったのに対し、再生 5 回目が 49.5℃となり、新規アスファルトの軟化点（47.5℃）に比べ 2.0℃上昇した。一方、再生アスは、再生 1 回目と再生 5 回目が 47.5℃であり、新規アスファルトの軟化点（47.5℃）と同じであった。

3-3. 伸度試験

伸度試験結果を図-5 に示す。

(1) アス系添加剤

アス系添加剤を使用した場合の調整アスと再生アスの伸度は、再生 1 回目から再生 5 回目までの全てで 100cm 以上を維持した。

(2) 植物系添加剤

植物系添加剤を使用した調整アスの伸度は、再生 3 回目以降で小さくなる傾向が見られた。一方、再生アスの場合は、再生 5 回目まで 100cm 以上を維持した。

3-4. 組成分析試験

再生を 5 回繰り返した再生アスの組成分析試験結果を図-6 に示す。図より、再生 5 回目の再生アスは、新規アスファルトに比べ、レジン分が増加し、芳香族分が減少する傾向が見られた。特にアス系添加剤に比べ、植物系添加剤を使用した場合は、その傾向が顕著になった。このことは、既往の研究^{1), 2)}でも示されているとおり、再生用添加剤の組成が影響していると考えられた。

4. まとめ

本実験から得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 調整アスの軟化点は、植物系添加剤を使用した場合は再生回数が多くなるにしたがって高くなる傾向が見られ、アス系添加剤を使用した場合は変化の程度が小さかった。一方、再生アスの軟化点は、調整アスと新規アスファルトの配合比率が 6 : 4 の場合、再生用添加剤の種類にかかわらず再生回数が多くなっても変化は見られなかった。

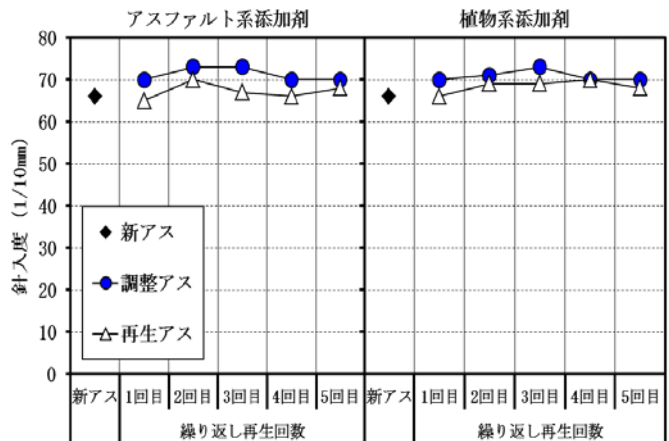


図-3 針入度試験結果

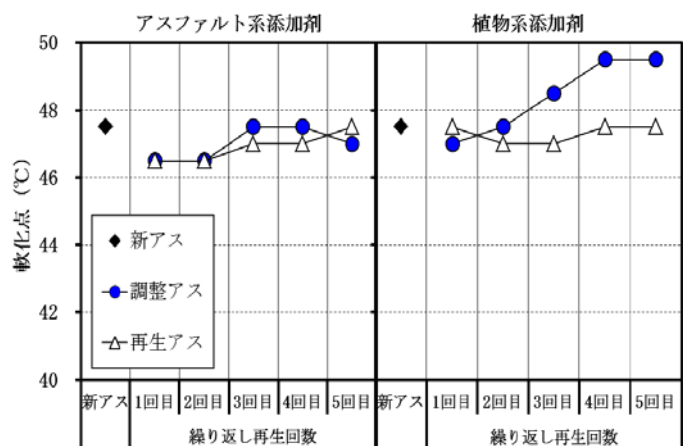


図-4 軟化点試験結果

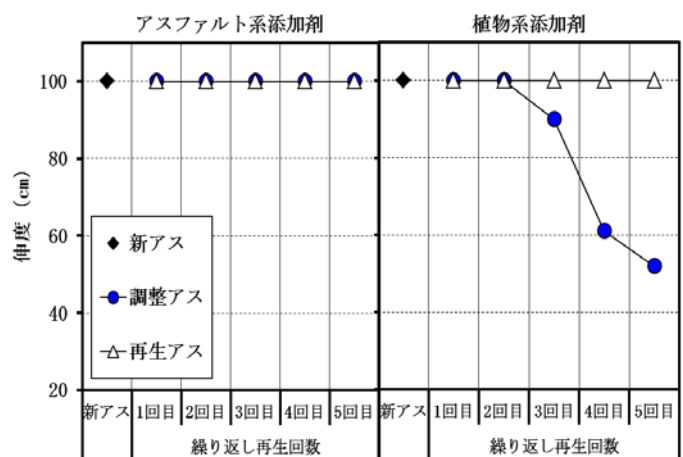


図-5 伸度試験結果

(2) 調整アスの伸度は、植物系添加剤を使用した場合は低下する傾向が見られ、アス系添加剤を使用した場合は再生5回目まで100cm以上を維持した。一方、再生アスの伸度は、調整アスと新規アスファルトの配合比率が6:4の場合、再生用添加剤の種類にかかわらず100cm以上を維持した。

(3) 繰り返し再生されたアスファルトの組成は、使用される再生用添加剤の組成の影響を受けることがわかった。

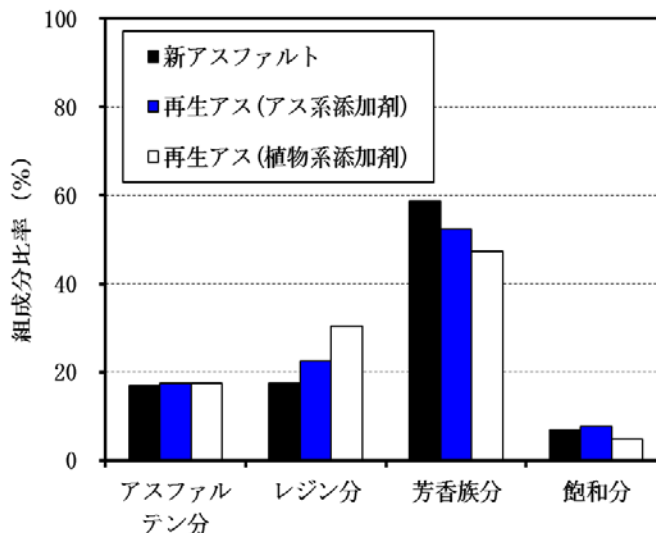


図-6 組成分析試験結果

本実験では、調整アスと新アスファルトの配合比率が6:4の場合の再生アスの性状(軟化点、伸度、組成)は、植物系添加剤およびアス系添加剤のどちらを使用した場合でも変化が小さかった。一方、調整アスの性状は、アス系添加剤に比べ植物系添加剤を使用した場合に変化する程度が比較的に大きいことがわかった。

以上のことから、再生骨材配合率が60%程度で再生回数が5回までは、アス系添加剤および植物系添加剤のどちらを使用した場合でも、再生加熱アスファルト混合物の性能に与える影響は小さいと考えられる。ただし、再生用添加剤の種類によって調整アスの性状には差が見られた。このことを踏まえれば、アスファルト混合物を永続的に再生利用してゆくためには、使用する再生用添加剤は環境負荷の大小だけでなく芳香族分の多少などの組成についても考慮した上で選定し、アスファルトの性状の変化をより小さくする必要があると考える。

5. おわりに

今後は、様々な種類の再生用添加剤を用いて繰り返し再生した混合物の性状を確認し、望ましい再生用添加剤の組成などの性質について明らかにしたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 加納孝志, 新田弘之, 佐々木徹, 川上篤史: 飽和成分の多い再生用添加剤で繰り返し再生した再生混合物と再生アスファルトの性状に関する一検討, 舗装工学論文集 第20巻, pp.65~71, 2015.
- 2) 加納孝志, 秋葉正一, 加納陽輔, 湯川誠二郎, 田湯文将: 再生用添加剤の組成の違いが繰り返し再生された混合物とアスファルトの性状に与える影響, 舗装工学論文集 第20巻, pp.73~78, 2015.
- 3) Chailleux Emmanuela, Bessmann Erika, Hornych Pierrea, Juliette Blanca, Gaudefroy Vincenta, Porot Laurentb, Planche Jean-Pascal, Boysen Ryan Bc, Williams Chrisd, Eric Cochrand, Sotoodeh-Nia Zahrad, Pouget Simone, Olard Françoise, Lo Presti Davidef, Jimenez del Barco Carrion Anaf: BioRePavation: Innovation in bio-recycling of old asphalt pavements, towards safe cost effective renewable pavement, 4th ISAP APE Symp. 2017 Tokyo.
- 4) (社)日本道路教会: 舗装調査・試験法便覧, 2007.
- 5) (一社)日本アスファルト合材協会: アスファルト統計年報, 平成28年
- 6) (公社)石油学会: TLC/FID法によるアスファルト組成分析試験方法, JPI-5S-70-2010, 2010.
- 7) 新田弘之: アスファルト舗装におけるリサイクル技術の開発とライフサイクル評価に関する研究, (独)土木研究所, 土木研究所報告 第217号, pp.1~66, 2011.