

# アスファルト舗装発生材の分別再材料化技術に関する検討

日大生産工(院) ○赤津 憲吾 日大生産工 加納 陽輔  
日大生産工 秋葉 正一

## 1. はじめに

わが国におけるアスファルト舗装発生材（以下、発生材）の再生利用技術は、1970年以降から本格的に進められ、2002年以降、発生材の99%以上が再材料化されている。現在製造されている再生加熱アスファルト混合物は全舗装の75%に達している。現行の再生利用技術は発生材を破碎・分級してアスファルトコンクリート再生骨材（以下、再生骨材）の量的促進に寄与したものとなっている。

しかし、現行技術による再生混合物の持続的な担保には、再生混合物を繰返し使用するとき、再生用添加剤などで組成の変化した旧アスファルトが含有すること等が課題にある。

本研究室では高温高压水によるアスファルトへの溶媒性能に着目し、熱水すりもみ法による発生材の分別再材料化技術を提案した。

本論では、熱水すりもみ法により分別回収された骨材（以下、回収骨材）の性状結果について論ずる。

## 2. 熱水すりもみ法の実験概要

本研究で使用する再生骨材の性状を表-1に、熱水すりもみ法による分別再材料化フローを図-1に示す。

熱水すりもみ法は、発生材を破碎・分級しながら旧アスファルトを分離し、13-5mmの回収骨材（以下、SR13-5）を得る一次分別と、一次分別による5mm通過分から同様に5-1mmの回収骨材（以下、SR5-1）を得る二次分別で構成される。なお、二次分別後の1mm通過分（以下、SR1-0）は、袋詰め脱水後に炉乾燥（110℃・12時間）させた試料を用いて旧アスファルトの含有状態を確認した。

一次・二次分別装置は、グラウト用ミキサー（マゼラー社製SL型）に分級網と保温用電熱装置を取り付け、攪拌速度を可変としたものを使用した。このため、昇温性能の関係から、供試体の水浸養生には一次分別装置を用いず、別途、恒温養生槽を使用している。

分別温度は、粗骨材の剥離抵抗性試験方法を参考に、水浸による剥離促進作用が期待できる70・80・90℃とし、予備実験から効果的なすりもみ作用が得られ、かつ骨材の磨耗や破損が生じない攪拌速度および攪拌時

表-1 再生骨材の性状

|                           |          | R13-0 | R13-5 | R5-0  |
|---------------------------|----------|-------|-------|-------|
| 旧アスファルトの針入度 (1/10mm)      |          | 21    |       |       |
| 旧アスファルトの含有率 (%)           |          | 5.9   | 4.0   | 7.7   |
| 骨材の微粒分量 (%)               |          | 1.8   | 1.2   | 2.4   |
| (抽出後)<br>(通過質量百分率)<br>(%) | 13.2 mm  | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
|                           | 4.75 mm  | 67.3  | 33.2  | 100.0 |
|                           | 2.36 mm  | 49.8  | 22.8  | 75.7  |
|                           | 1.18 mm  | 40.9  | 19.8  | 62.2  |
|                           | 0.6 mm   | 32.3  | 16.3  | 47.7  |
|                           | 0.3 mm   | 22.8  | 12.1  | 33.0  |
|                           | 0.15 mm  | 14.0  | 9.5   | 18.3  |
|                           | 0.075 mm | 6.9   | 5.5   | 8.2   |

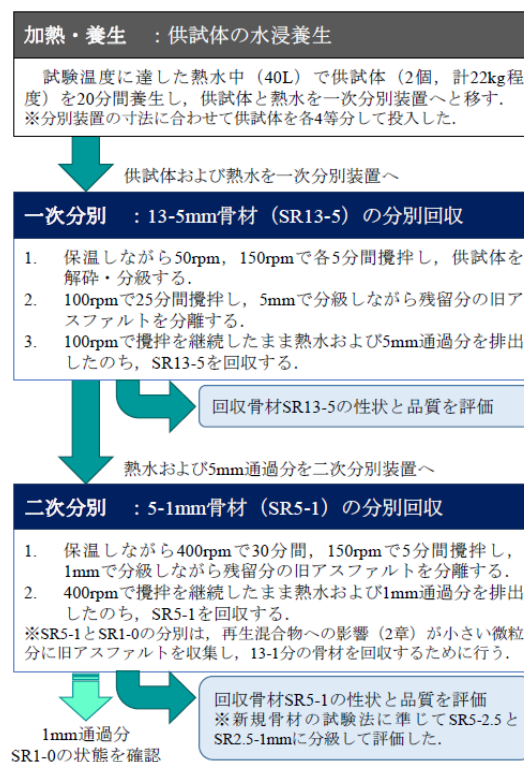


図-1 熱水すりもみ法による分別再材料化フロー

間を一次・二次分別のそれぞれで設定した。

供試体は、前章で用いたR13-5、R5-0を密粒度アスファルト混合物（13）の粒度範囲に基づいて配合し、新規素材を加えずに加熱転圧したホイールトラッキング試験用供試体（アスファルト量5.4%、密度2.354g/cm<sup>3</sup>）

## A STUDY ON THE SEPARATION RECYCLING TECHNOLOGY OF RECLAIMED ASPHALT PAVEMENT

Kengo AKATSU, Yousuke KANOU, Shouichi AKIBA



写真-1 回収骨材SR13-5の外観（分別温度80℃）

表-2 回収骨材SR13-5の性状

|                 | 分別温度(℃) |      |      |
|-----------------|---------|------|------|
|                 | 70      | 80   | 90   |
| 含水比(1時間放冷後) (%) | 0.83    | 0.77 | 0.57 |
| 旧アスファルトの含有率 (%) | 0.78    | 0.70 | 0.56 |
| 骨材の微粒分量 (%)     | 0.2     | 0.2  | 0.2  |

を模擬発生材とした。ここで、供試体の混合・転圧に際しては、新規混合物の密度を目標値として混合温度を $170\pm3^{\circ}\text{C}$ 、締固め温度を $160\pm3^{\circ}\text{C}$ としている。

### 3. 熱水すりもみ法による回収骨材の評価

#### (1) 回収骨材R13-5の性状および品質

一次分別による回収骨材SR13-5は、旧アスファルトの残存や骨材の磨耗を観察したうえで、試料温度が一定となる1時間放冷後（ $20^{\circ}\text{C} \cdot 60\%\text{RH}$ ）の含水比、旧アスファルトの含有量、微粒分量および粒度から性状を評価した。また、SR13-5の品質に関しては、密度、吸水率、すり減り減量を測定し、新規骨材の目標値と照査した。

##### a) SR13-5の性状

SR13-5の外観を写真-1、性状を表-2、粒度（抽出後）を図-2に示す。外観および粒度に関しては、再生骨材を13-5mmに分級したR13-5を比較試料とした。

SR13-5の外観は、各温度とも一部表面に微量の旧アスファルトが付着しているものの、目立った磨耗、破損等は見られず新規骨材と遜色ない。放冷後の含水比および旧アスファルトの含有量は、分別温度の上昇とともに減少する傾向にあり、微粒分量は各温度とも同程度である。抽出後の粒度は、 $70^{\circ}\text{C}$ の回収骨材に $4.75\text{mm}$ 通過分が僅かに混在するものの、各温度ともR13-5と比較して厳密に分級・分別されているのが見て取れる。なお、 $70^{\circ}\text{C}$ の結果は、モルタル状の旧アスファルトが他の分別温度よりも多く付着していたためと考える。

##### b) SR13-5の品質

SR13-5の品質を図-3に示す。ここでは、抽出後のR13-5に対する測定値を参考として併記している。

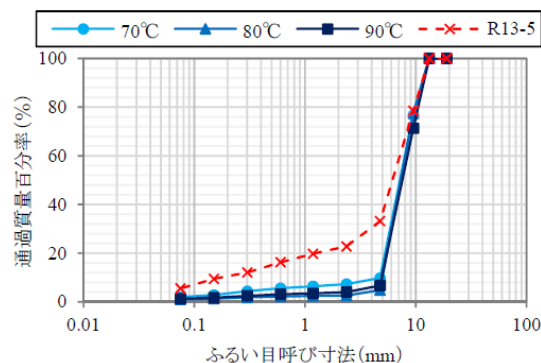


図-2 回収骨材SR13-5の粒度（抽出後粒度）

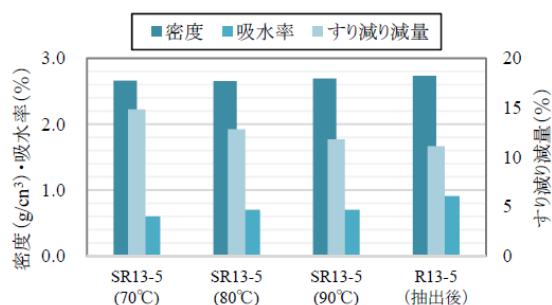


図-3 回収骨材SR13-5の品質

SR13-5の密度は、抽出後のR13-5と同等であるものの、吸水率は分別温度の上昇に伴って僅かに増加している。このことから、回収骨材の内部には旧アスファルトの一部が含浸した状態にあると考えるが、写真-1のとおり骨材表面を被覆する状態になく、再生利用に及ぼす影響は考えにくい。SR13-5のすり減り減量は、分別温度の上昇に伴って減少し、R13-5との差分は回収骨材に付着した旧アスファルトのすり減り、または剥脱によるものと考えられる。なお、各温度とも回収骨材の品質は、新規骨材の目標値（密度 $2.45\text{g}/\text{cm}^3$ 以上、吸水率 $3.0\%$ 以下、すり減り減量 $30\%$ 以下）を十分に満足している。

以上の結果から、一次分別による回収骨材SR13-5は、新規骨材と同様の品質管理が可能であると考えられる。

#### (3) 回収骨材SR5-1の性状および品質

二次分別による回収骨材SR5-1の性状および品質を前述のSR13-5と同様に評価した。

##### a) SR5-1の性状

SR5-1の外観を写真-2、性状を表-3、粒度（抽出後）を図-4に示す。ここで、外観および粒度に関しては、再生骨材を5-1mmに分級したR5-1を比較試料とした。

SR5-1の外観は、SR13-5と同様、一部表面に旧アスファルトの付着が見られたが、磨耗等は生じていない。放冷後の含水比は、表面積の影響によりSR13-5に比べてやや高いものの、旧アスファルトの含有量は少なく、分別温度による変化はSR13-5と同傾向である。SR5-1の粒度は、各温度とも概ね同等の結果が得られ、抽出前後の粒度にも大きな差異は見られなかった。

##### b) SR5-1の品質

SR5-2.5およびSR2.5-1の品質を図-5、図-6に示す。ここで、SR5-1の品質評価に際しては、新規骨材の試

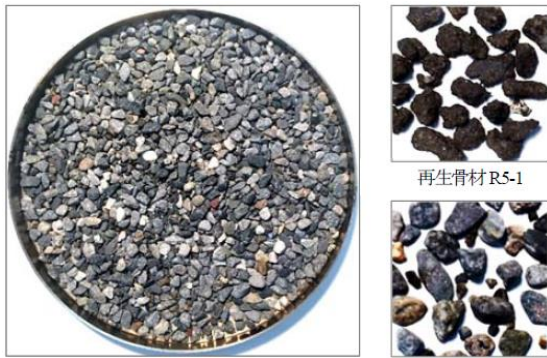


写真-2 回収骨材SR5-1の外観（分別温度80℃）

表-3 回収骨材SR5-1の性状

|             |     | 分別温度(℃) |      |      |
|-------------|-----|---------|------|------|
|             |     | 70      | 80   | 90   |
| 含水比(1時間放冷後) | (%) | 1.47    | 1.08 | 1.04 |
| 旧アスファルトの含有率 | (%) | 0.68    | 0.57 | 0.44 |
| 骨材の微粒分量     | (%) | 0.1     | 0.2  | 0.2  |

験法に準じてSR5-2.5, SR2.5-1に分級し, 抽出後のR5-2.5, R2.5-1に対する測定値を参考として併記した。

SR5-2.5およびSR2.5-1の密度は, それぞれ抽出後の再生骨材と同程度である一方, 吸水率はSR13-5と同様に, 分別温度の上昇とともに増加する傾向が見られる。SR5-2.5のすり減り減量は, 抽出後のR5-2.5と同程度であり, 分別温度による大きな差異は生じていない。なお, 各温度とも回収骨材の品質は, 新規骨材の目標値を十分に満足している。

以上の結果から, 二次分別による回収骨材SR5-1は, 新規骨材と同様の品質管理が可能であると考えられ, SR5-2.5とSR2.5-1に分級することで, 厳密な品質管理, 配合設計のもと多様な混合物への再生利用が期待できる。

#### (4) 1mm 通過分SR1-0 の状態

二次分別後の1mm通過分SR1-0は, 炉乾燥後の外観を観察したうえで, 旧アスファルトの含有量および針入度を測定した。ここで, SR1-0は, 回収骨材の性状および品質に関して良好な結果が得られた80℃, 90℃のうち, 低温側の80℃による試料を対象とした。SR1-0の外観を写真-3に, 性状を表-4に示す。ここで, 外観に関しては, 再生骨材を1.0mmに分級したR1-0を比較試料とした。

SR1-0は, 旧アスファルトの含有量が多いため, 炉乾燥試料の一部にダレが見られたが, 大部分は粒状であり, R1-0に比べて骨材の表面や断面の露出が少ない。SR1-0が含有する旧アスファルトの針入度は, 供試体の素材である再生骨材の針入度(表-1)よりも低下し, この結果には分別再材料化時のほか, 供試体作製時および炉乾燥時における加熱の影響が考えられる。

以上の結果から, 二次分別後の1mm 通過分SR1-0は, 供試体の含有する旧アスファルトの大半が1.0mm分に付着した状態であることを確認した。ただし, SR1-0が含有する旧アスファルトの性状は不明確であり, より詳細な評価をもって再生利用を検討する必要がある。

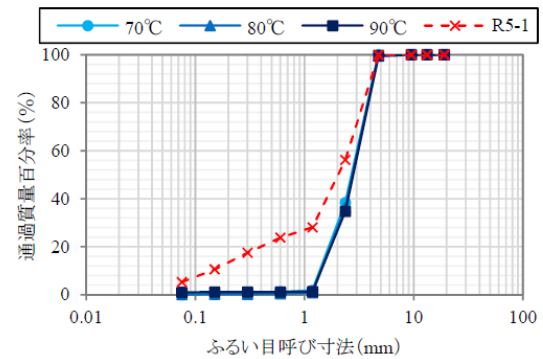


図-4 回収骨材SR5-1の粒度（抽出後）

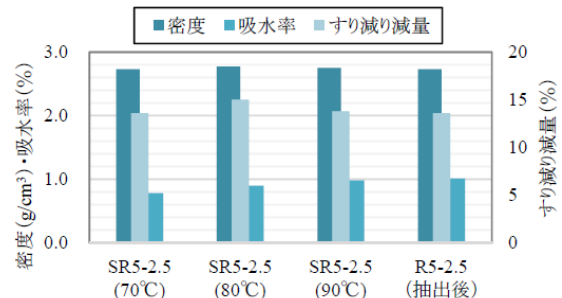


図-5 回収骨材SR5-2.5の品質

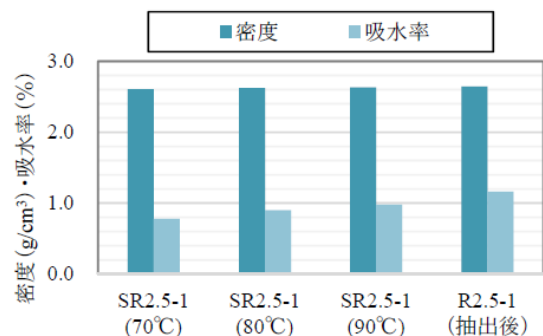


図-6 回収骨材SR2.5-1の品質

## 4. 回収骨材を配合した再生混合物の評価

### (1) 実験概要

再生骨材13-5mm分に被膜する旧アスファルトの影響に注目するために, SR13-5を配合した再生混合物の品質を確認した。

供試体は, SR13-5を30%配合した再生混合物(以下, SR13-5(30))に対して, 再生骨材配合率が同じく30%であるR13-0(30), R13-5(30), R5-0(30)を比較試料とし, マーシャル性状と曲げ強度を評価した。なお, SR13-5(30)は, 再生混合物と同様に配合試験を行った結果, 添加剤を必要とせずアスファルト量が5.3%, 密度が2.380g/cm³となった。

### (2) 回収骨材SR13-5を配合した再生混合物の性状

#### a) マーシャル安定度

標準安定度およびフロー値を図-7に示す。R13-5を含む再生混合物は, 標準安定度が高く, フロー値が小さい傾向にあるのに対し, SR13-5(30)はR5-0(30)および新規混合物と同傾向である。なお, SR13-5(30)は, 針入度が12~21程度の旧アスファルトを0.2%含有してい



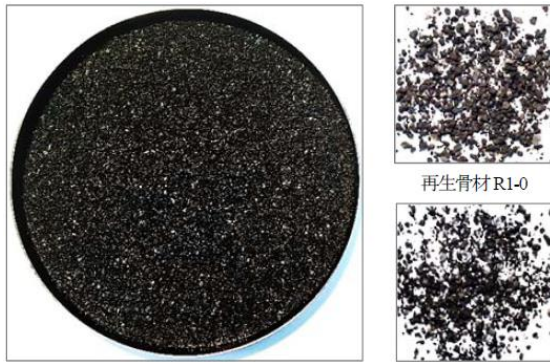


写真-3 SR1-0の外観 (分別温度80℃)

表-4 SR1-0の性状 (分別温度80℃)

|                      |      |
|----------------------|------|
| 旧アスファルトの含有率 (%)      | 13.4 |
| 旧アスファルトの針入度 (1/10mm) | 12   |

るが、これによる再生混合物への影響は見られない。

#### b) 曲げ強度

試験温度と曲げ強度の関係を図-8に示す。

R13-5を含む再生混合物は、特に10℃の曲げ強度が低いのに対し、SR13-5(30)はR5-0(30)および新規混合物と同程度である。

以上の結果から、80℃による回収骨材SR13-5を30%配合した再生混合物は、新規混合物と同様の配合および混合が可能であり、同等の品質が得られる可能性を確認した。今後、再生混合物の脆弱性が見られた0～10℃付近に焦点を絞り、疲労抵抗性等を確認する必要がある。

## 5. まとめ

本研究では、熱水すりもみ法による回収骨材と、これを配合した再生混合物を評価した。以下に、各検討から得た知見を取りまとめる。

- (1) 80・90℃による回収骨材SR13-5、SR5-1は、旧アスファルトの9割以上が分離され、新規骨材と同様、厳密な品質管理が可能であり、かつ目標値を満足する。
- (2) 80℃による回収骨材SR13-5を配合した再生混合物は、新規混合物と同様、厳密な配合および混合が可能であり、かつ同等の性状を有する。

以上から、熱水すりもみ法によって分別再材料化した回収骨材は、概ね素材状態に初期化され、新規骨材と同様の取り扱いが可能であると考えられる。今後も、分別再材料化技術に関しては、回収骨材を配合した再生混合物の品質をはじめ、SR1-0の性状や高温高圧水による改質効果、さらに分別再材料化フローに対するLCIAなど、確立に向けた多角的な検討を重ねる必要がある。

おわりに、素材状態への初期化を基本とした分別再材料化技術の確立は、舗装用素材の持続的利用や再生資材の長寿命化、多様化への課題を解決するとともに、リサイクルフローの簡素化と質的改善に寄与する新たな方策となることを期待する。

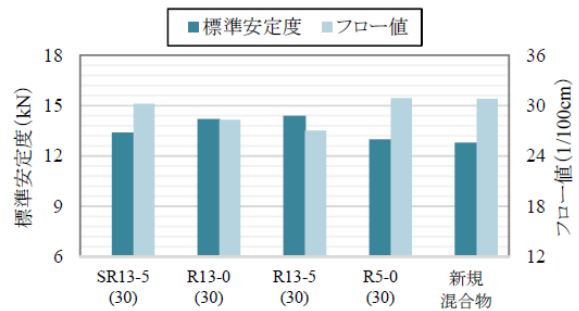


図-7 標準安定度およびフロー値

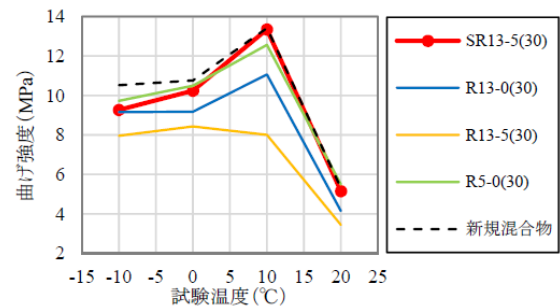


図-8 試験温度と曲げ強度の関係

## 参考文献

- 1) 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て再生された混合物とアスファルトの性状に与える影響, 土木学会論文集E1 (舗装工学), Vol.71, No.3, pp.73-78, 2015.
- 2) 秋葉正一, 加納陽輔, 栗谷川裕造: 高温・高圧水によって分別回収されたアスファルト混合物骨材の性状と品質について, 土木学会舗装工学論文集, Vol.12, pp.149-156, 2007.
- 3) 加納陽輔, 秋葉正一, 鎌田孝行, 菅野伸一, 佐藤克己: 加圧熱水を用いたアスファルト混合物の剥離抵抗性評価試験の開発, 土木学会論文集E1 (舗装工学), Vol.69, No.3, pp.33-40, 2013.
- 4) Y. Kanou and S. Akiba: Proposal of recycling technology which uses compressed hot water to separately recover aggregate and asphalt from RAP, In Proceedings of the 11th International Conference on Asphalt Pavements (ISAP NAGOYA 2010), 2010.
- 5) Y. kanou, S. Akiba and Y. Kuriyagawa: Separation and recovery of aggregate from asphalt pavement wastes using high-temperature and high-pressure water, Journal of the Japan Petroleum Institute, Vol.49, No.5, pp.231-239, 2006.
- 6) 島裕和, 松橋隆治, 吉田好邦, 立屋敷久志: 加熱すりもみ法による高品質再生骨材のライフサイクル分析, 電気学会論文誌C, Vol.123, No.10, pp.1680-1687, 2003.
- 9) 辻埜真人, 野口貴文, 北垣亮馬, 長井宏憲: マイクロ波加熱を利用した骨材回収型完全リサイクルコンクリートに関する研究, 日本建築学会構造系論文集, Vol.76, No.660, pp.223-229, 2011.