

平成 2 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：3 2 6 6 5

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：2 3 7 6 0 4 1 1

研究課題名（和文）加圧熱水を用いたアスファルト混合物舗装発生材の分別再材料化技術の開発

研究課題名（英文）Development of fractional recycling technology for the asphalt pavement waste using pressurized hot water

研究代表者

加納 陽輔（KANOU, Yousuke）

日本大学・生産工学部・助教

研究者番号：5 0 4 5 1 3 1 5

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000 円、（間接経費） 1,050,000 円

研究成果の概要（和文）：多くのリサイクル技術が素材ごとの分別回収に支えられ、再生製品の品質向上を実現させてきた。本研究は、アスファルト混合物の持続的利用を実現するために、舗装廃材から骨材とアスファルトを分別し、素材状態で回収する再生技術の開発を目的とした。この結果、舗装発生材を熱水中で攪拌することで、骨材とアスファルトを分別回収できる条件を明らかにした。また、本技術による回収骨材は素材状態と同等の品質を有し、回収アスファルトには微粒分が混入するものの、実験条件によっては組成が軽質化され、添加剤を用いずに素材状態に復元する傾向を確認した。以上の研究成果により、舗装発生材の分別再生技術による持続的利用の可能性を示唆した。

研究成果の概要（英文）：Developing any recycling system by collecting each material separately, the quality of the recycled product improved. In this study, I dealt with the development of recycling technology which was based on the collection of the aggregate and the asphalt in their original state from the asphalt pavement waste for the purpose of realizing the sustainable recycling of the asphalt mixture. My efforts led to the results that shed light on the conditions under which it was possible to collect the aggregate and the asphalt, by separating them. Moreover, my efforts confirmed that the aggregate that had been collected by this technology was restored to the original state. In addition, my efforts confirmed that the composition of the collected asphalt had the tendency to become lighter, even though minute particles were mixed in it. The above-mentioned results suggested the possibility of sustainable recycling by the technology of recycling which was based on separating asphalt pavement waste.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木材料・施工マネジメント

キーワード：舗装廃材 アスファルト混合物 再材料化 高温高压水 資源循環利用 分離技術

1. 研究開始当初の背景

本研究の背景には、舗装材料の持続的利用と多様化に並行した課題、さらに他産業における高温高压水技術の進展などがあり、以下に詳述する。

(1) 現行の機械破碎による再材料化技術は、多様な舗装発生材を一様に破碎粒状化し、効率的に再材料化することで舗装発生材のリサイクル促進に寄与してきた。しかし、機械破碎によって製造される再生骨材は細粒化や団粒化を避けることができず、旧アスファルトが被膜した状態にあるため、厳密な品質管理は困難である。また、近年では繰り返し利用に伴う旧アスファルトの劣化が危惧されており、再生混合物の品質はこの性状に大きく左右されるため、現状では持続的利用を担保するには至っていない。

(2) 90年代より急速に普及したポーラスアスファルト混合物を代表に、特徴的な骨材配合からなる混合物や新たな改質アスファルトの開発が進められている。また、近年では長寿命化の観点からセメントコンクリート舗装や、環境負荷を低減する中温化混合物等も普及する動きがあり、舗装材料の更なる多様化にも対応した再材料化技術の開発が急務である。

(3) 高温高压水の応用技術は、压力容器等の技術的進展を背景に、食品分野やエネルギー分野における新たな分離・抽出溶媒として実用化が進められている。研究代表者は、これまで高温高压水を用いた環境配慮型アスファルト抽出試験の開発に取り組んでおり、アスファルト混合物に対する高温高压水の溶媒性能を明らかにしている。

2. 研究の目的

多くのリサイクル技術が素材ごとの分別回収に支えられ、再生製品の品質向上を実現させてきた。舗装発生材は鉱物資源である骨材と石油資源であるアスファルトから構成される天然資源混合物である。本研究は、舗装発生材が含有する骨材とアスファルトを分別し、これらを素材状態で回収することで、舗装材料の持続的利用と品質管理の簡素化を目指す新たな再材料化技術の開発を目的としている。なお、これを具現化する各年度の目標は、以下のとおりである。

(1) 再生骨材中の旧アスファルトが再生アスファルト混合物（以下、再生混合物）に及ぼす影響について、再生骨材の粒度別に評価し、現行技術における課題と本技術による品質目標を明らかにする。（平成23年度）

(2) 研究の目的(1)の結果を踏まえて、本技術によって舗装発生材から分別回収した素材（以下、回収素材）の品質を評価し、これら

に基づいて、分別再材料化技術に適した溶媒温度等の条件を検討する。（平成24年度）

(3) 研究の目的(2)から得られた回収素材の品質を踏まえて、舗装用素材としての循環利用の可能性を検証する。（平成25年度）

3. 研究の方法

研究の目的及び目標を段階的に達成する年度ごとの研究計画・工程を設計した。以下に具体的な方法を述べる。

(1) 平成23年度研究では、実際の再生骨材13-0と室内熱劣化による再生骨材13-0（薄膜状態で加熱し、アスファルトの針入度を20としたもの）を用いて、再生骨材中の粗粒分（13-5を指す）及び細骨材（5-0を指す）に被膜する旧アスファルトが再生混合物の配合及び性状に及ぼす影響を評価した。供試体は各再生骨材を13-0、13-5、5-0に分類し、それぞれを15、30、60%配合した再生混合物（密粒度アスファルト混合物（13））を対象として、圧裂試験、マーシャル安定度試験、曲げ試験を実施した。なお、各混合物は設計圧裂係数を0.75MPaとして再生用添加剤（以下、添加剤）量を設定した。

(2) 平成24年度研究では、予備実験から分別性能が認められた熱水温度（70℃以上）を参考として、熱水すりもみ法による室内実験装置を試作し、分別再材料化実験（以下、分別実験）を実施した。ここで、分別実験は実際の再生骨材13-0のみを配合して加熱転圧した模擬舗装発生材を供試体として、粗粒分を分別回収する一次工程、細粒分を分別回収する二次工程に区分して実施した。なお、一次・二次工程ともに熱水温度は70℃、80℃、90℃の3条件で実施し、分別回収した骨材（以下、回収骨材）の物性と放冷後の含水率、旧アスファルト含有量等を比較評価した。さらに、回収骨材の性状をひとつの指標として、熱水温度が分別性能に及ぼす影響を確認し、分別再材料化技術に適する条件を検討した。

(3) 平成25年度研究では、分別実験による回収骨材を配合した混合物（密粒度アスファルト混合物（13）、St.As.60-80）を供試体として、マーシャル安定度試験から混合物としての基本的な物性と性状を評価した。ここで、回収骨材の配合に際しては添加剤を用いず、合成粒度が粒度範囲の中央付近となる最大量から、総骨材量に対して75%を配合した。また、研究の方法①で用いた再生混合物を比較供試体として同様に評価した。

4. 研究成果

研究の目的、ならびに研究の方法に沿って遂行した研究成果を以下の述べる。

(1) 平成23年度における代表的な成果として、

図-1 に圧裂係数に基づいて設計したアスファルト配合量の内訳を、図-2 に曲げ試験結果を示す。ここで、図-1, 2 には新規混合物（密粒度アスファルト混合物（13），St.As.60-80）を基準供試体として、実際の再生骨材を 30% 配合した再生混合物の結果を比較しているが、室内熟劣化による再生骨材、あるいは他の配合によっても概ね同傾向の結果を確認している。また、図-1, 2 の凡例は、新規混合物を「新規」とし、再生混合物は「再生」の後に再生骨材の粒度範囲を付して、括弧内にその配合率を示している。

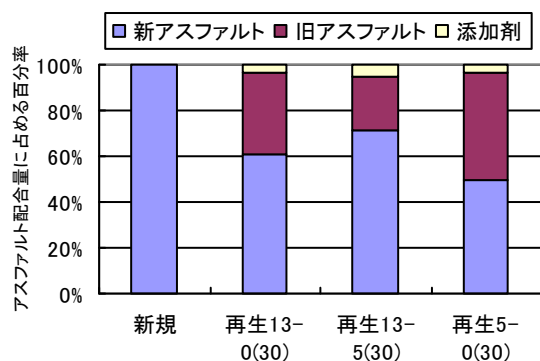


図-1 アスファルト配合量の内訳

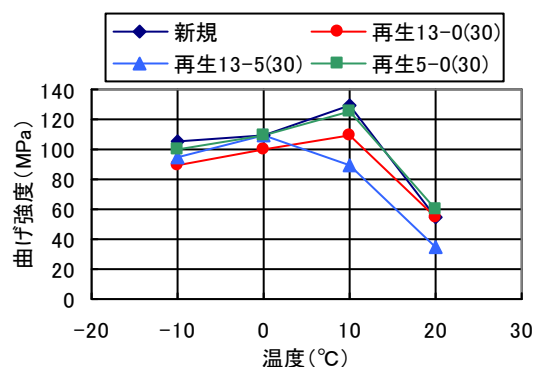


図-2 曲げ試験結果

図-1 に関して、各混合物とも配合量の全体に大きな差異はなく、旧アスファルトと添加剤を含むアスファルト量は 5.0～5.2%である。しかし、その内訳を見ると、再生骨材のうち粗粒分を配合した再生混合物（再生 13-5（30））は設計圧裂係数（0.75MPa）を得るために、比較的少量の旧アスファルトに対して多量の添加剤を必要とすることがわかる。

図-2 において、各混合物の曲げ強度を比較すると、特に新規混合物の脆化点付近で、再生骨材のうち粗粒分を配合した再生混合物（再生 13-5（30））の強度が小さい。一方、細粒分を配合した再生混合物（再生 5-0（30））は、旧アスファルトに対してごく少量の添加剤を用いることで、各温度で新規混合物と同程度の曲げ強度が得られている。

以上から、再生骨材のうち粗粒分に被膜す

る旧アスファルトが再生混合物の性状に悪影響を及ぼす可能性を確認した。これは、比表面積の小さい粗粒分では、細粒分に比べて被膜するアスファルト量が少ないため、高品位のアスファルトを要するものとする。このため、次年度以降で分別実験の条件を検討する際には、特に粗粒分の旧アスファルト含有量に留意する必要がある。

(2)平成 24 年度における分別実験の結果として、一次工程から回収した粗粒分（以下、回収粗粒分）の物性を表-1 に、二次工程から回収した細粒分（以下、回収細粒分）の物性を表-2 に示す。また、参考として、90℃の分別実験による回収粗骨材と回収細骨材の外観を図-3 に示す。

表-1 回収粗粒分の物性

実験条件 ℃	密度 g/cm ³	吸水率 (%)	含水率 (%)	旧アスファルト 含有量 (%)
70	2.627	0.24	1.47	0.68
80	2.655	0.19	1.08	0.57
90	2.655	0.18	1.04	0.44

表-2 回収細粒分の物性

実験条件 ℃	密度 g/cm ³	吸水率 (%)	含水率 (%)	旧アスファルト 含有量 (%)
70	2.687	0.63	0.82	0.78
80	2.657	0.72	0.76	0.7
90	2.655	0.74	0.57	0.56

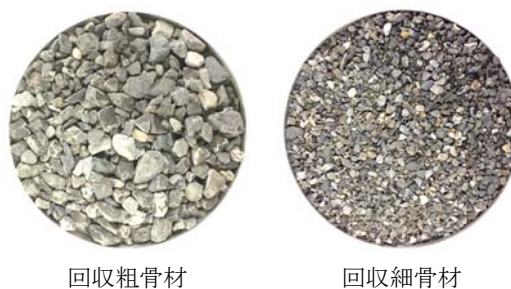


図-3 回収骨材（熱水温度 90℃）の外観

表-1, 2 の結果より、回収粗粒分及び回収細粒分は、各熱水温度とも新規骨材の品質目標値である密度 2.45g/cm³ 以上、吸水率 3.0% 以下を満足している。また、回収骨材の物性を熱水温度で比較すると、温度上昇に伴って回収粗粒分、回収細粒分とも旧アスファルト含有量、ならびに放冷後の含水率が減少する傾向が見られ、この傾向は 90℃の結果に顕著である。なお、粒度試験によって回収骨材の粒度を測定し、同試料のアスファルト抽出試験後の粒度と比較しているが、特に 90℃によ

る回収骨材は、これらの差異が小さいことを確認している。

以上から、前年度の知見を踏まえて、回収粗粒分の旧アスファルト含有量が最も小さくなる 90℃を分別再材料化技術における熱水温度の目安とした。

(3) 平成 24 年度の結果から、回収骨材は新規骨材と同様の品質管理及び配合等の取り扱いが可能であり、かつ新規骨材の品質目標値を満足することを確認した。また、特に 90℃の実験による回収骨材は旧アスファルト含有量が少なく、アスファルトによる団粒化等も見られなかったことから、平成 25 年度では、90℃の分別実験による回収骨材を対象として舗装材料としての循環利用を検討した。マーシャル安定度試験の結果を図-4 に示す。

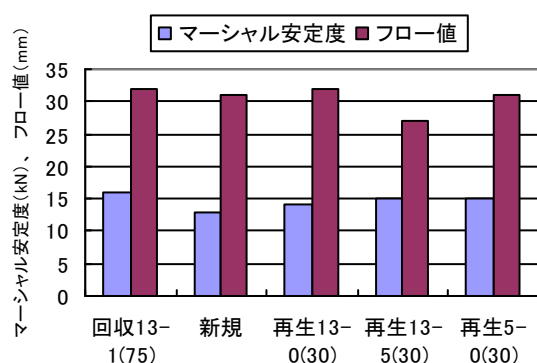


図-4 マーシャル安定度試験結果

現行技術による再生骨材 13-5 を配合した再生混合物は、添加剤量が比較的多いにもかかわらず、フロー値が減少している。一方、回収骨材を配合した混合物（回収 13-1(75)）は、フロー値が新規混合物と同程度あり、マーシャル安定度はやや大きい。また、マーシャル特性値から、回収骨材を配合した混合物の密度、空隙率等の物性に関しても、新規混合物と同等であることを確認している。

(4) (1)～(3)より得られた成果を以下に取りまとめる。

- ① 細粒分に比べて、粗粒分に被膜する旧アスファルトは再生混合物の品質に大きく影響する可能性があり、分別再材料化にあたっては、粗粒分のアスファルト含有量を低減することが重要となる。
- ② 分別実験より回収した粗粒分及び細粒分は、新規骨材の品質目標値を満足し、熱水温度の上昇に伴って回収骨材の含水量とアスファルト含有量が減少する。
- ③ 回収骨材を新規骨材と同様に品質管理し、さらに配合した混合物は、新規混合物と同等の品質を有している。
- ④ 回収アスファルトは高温高压水によって分解され、軽質化することで、素材状態の組成に回復する傾向が見られる。

以上の成果は、本技術による回収骨材が新規素材と同様の取り扱いが可能であることを示唆しており、今後も多種のアスファルトや骨材を対象に含め、より多角的な検討から分別再材料化技術の確立を目指したい。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔学会発表〕（計 1 件）

- ① 野中伸二郎，秋葉正一，加納陽輔，小花将義：熱水すりもみ法によるアスファルト舗装発生材の分別再材料化技術の検討，土木学会第 67 回年次学術講演会，平成 25 年 9 月 6 日，日本大学。

〔産業財産権〕

○出願状況（計 1 件）

名称：アスファルト含有廃棄物の処理方法およびアスファルト含有廃棄物処理装置
発明者：加納陽輔、秋葉正一
権利者：学校法人 日本大学
種類：特許
番号：特願 2012-027593
出願年月日：24 年 2 月 10 日
国内外の別： 国内

6. 研究組織

(1)研究代表者

加納 陽輔 (KANOU, Yousuke)
日本大学生産工学部・助教
研究者番号：50451315

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：