3-39

加圧熱水を用いた舗装発生材の分別再材料化に関する研究

日大生産工(院)　○丸田　隆大　日大生産工　　秋葉　正一
日大生産工　　加納　陽輔

１．はじめに

近年，３Ｒ（リディース・リユース・リサイクル）を基盤とした循環型社会への転換期を迎えて，天然資源の消費抑制及び有効活用を目指した技術開発が積極的に進められている．中でも，建設分野においては，平成 13 年に制定された「再生資源の利用の促進に関する法律」をはじめに様々な法令が制定され，建設副産物の再利用が義務づけられている．

現在，道路舗装分野において維持・修繕工事に伴って発生する舗装発生材は年間約 2500 万 t 発生しており，およそ 99%が再材料化されている．既往の舗装発生材の再材料化技術は，アスファルトの種類や劣化程度の異なる多様な発生材を一様に破砕・分級することで，効率的に再生骨材を製造し，再材料化の促進に寄与してきた．しかしながら，機械破砕や熱解砕では，骨材の細粒化や旧アスファルトの偏在などの再材料化時における品質変動を避けることができず，再生加熱アスファルト混合物の配合設計を行う際は，旧アスファルトの針入度低下に伴って新アスファルトや再生添加剤での調整が必要であり，舗装発生材の状態によって 3～7 割程度の新規材料へ依存せざるを得ない現況にある．また，ポーラスアスファルト舗装など新しい舗装材料開発による材料の多様化を踏まえると，舗装発生材の有効活用を進める上ではアスファルトと骨材を分別回収し，個別に再利用することが最も簡易で合理的な方策と考えられる．

本研究では加圧熱水を用いた舗装発生材の分別回収方法を提案し，新しい再材料化技術としての応用の可能性について検討した．

２．研究概要

本研究では，**図－1** の SUS316 製密閉容器を使用し，飽和蒸気圧下における加圧熱水（125，150，175，200℃）中での攪拌を用いることでアスファルト混合物をアスファルトと骨材に分離させた．

分別回収した骨材は 3 種類の粒度（13.2～2.36mm，2.36～0.6mm 及び 0.6～0.15mm）に分級し，粒度毎の骨材回収率と回収骨材に残存するアスファルト含有率から，加圧熱水のアスファルト分離性能に対する試験温度及び処理時間の影響を検討した．

供試体は，密粒度アスファルト混合物（13）配合に対し，ポリマー改質アスファルトＨ型（以下，改質Ｈ型）を 5.5%被膜させた．また，1 回の実験には 1 試料当たりの骨材質量を 1kg として，マーシャル安定度試験用供試体と同形状に締固めた 3 試料を供した．

評価方法として，骨材回収率は，骨材配合時と試験後回収された骨材の質量比から算出した．また，試験後回収した骨材に残存するアスファルト含有率をソックスレー抽出試験より測定し，各試験温度及び各処理時間（0min，30min，60min）におけるアスファルト分離性能を評価した．

図－1　試験装置

A Study on Material Reuse form Separate of Asphalt Pavement Using Pressure Hot Water

Takahiro MARUTA, Shoichi AKIBA and Yosuke KANOU

３．加圧熱水のアスファルト分離性能評価

３－１．骨材回収性能の評価

各試験温度における各粒度の骨材回収率と処理時間の関係を**図－２～５**に示す．

骨材回収率は，試験温度 125℃及び 150℃において，処理時間 0 分から 30 分にかけて回収率の増加傾向が確認できる．一方，試験温度 175℃及び 200℃では，試験温度到達と同時（処理時間 0 分）に 125℃及び 150℃と比較して，各粒度において骨材回収率の向上が見られ，試験温度への依存が確認された．この要因としては，加圧熱水の温度上昇に伴い，アスファルト混合物中のアスファルト分の粘性が低下し，加圧熱水中における材料の攪拌効率が向上したことによって，効率的に骨材からアスファルトが分離されたと考えられる．

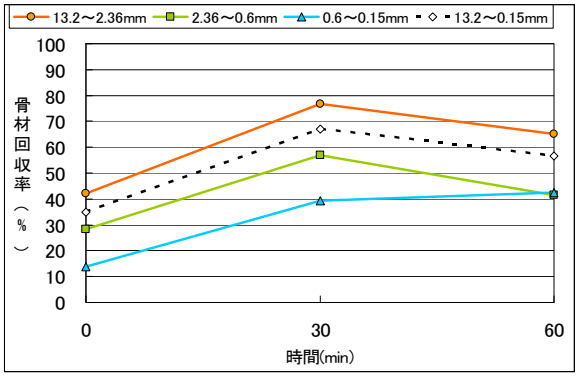
粒度毎における骨材回収率を比較すると，粗骨材（13.2mm～2.36mm）は，試験温度 150℃及び 175℃，200℃の条件にて 90%前後の骨材回収率を得る結果となった．一方，細骨材（2.36～0.6mm 及び 0.6～0.15mm）は，試験温度 175℃及び 200℃の条件にて 60～80%の骨材回収率となり，加圧熱水を用いたアスファルト混合物の分別においての骨材回収性能は骨材の粒径が大きい程，回収効率が向上することが確認された．

なお，合成粒度（13.2～0.15mm）では，150℃ 30 分以降及び 175℃，200℃（0 分～60 分）の条件において 80%前後の骨材が回収可能である結果が得られた．

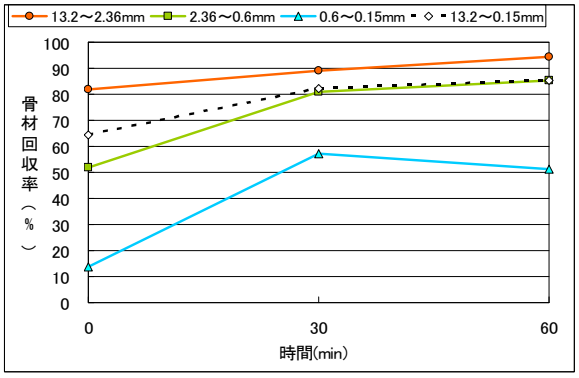
３－２．アスファルト含有率の比較

表－1 にアスファルト抽出試験より，各粒度の骨材に残存するアスファルト含有率を示す．

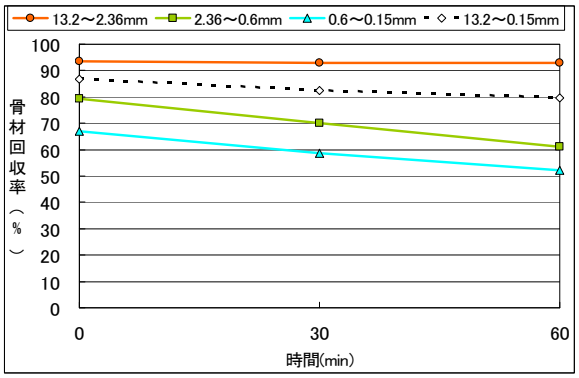
13.2～2.36mm の回収骨材に残存するアスファルトは，試験温度 150℃以上の条件でアスファルト含有率 1%以下となる．一方，試験温度 125℃の条件では残存するアスファルト含有率が多いことが確認された．この結果は，**写真－1** に示す処理時間 30 分の回収骨材の外観から



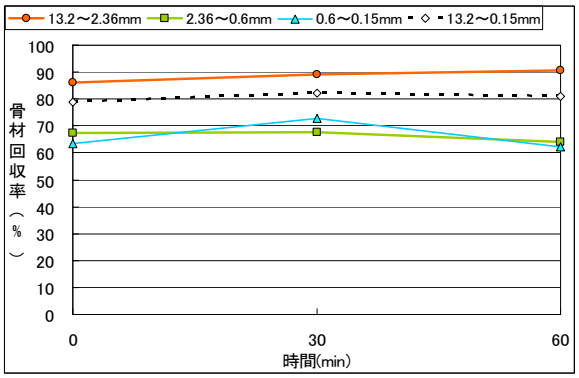
図－２　骨材回収率（125℃）



図－３　骨材回収率（150℃）



図－４　骨材回収率（175℃）



図－５　骨材回収率（200℃）

も見て取れるように，試験温度が低い 125℃ではアスファルトの被膜が多くみられ，加圧熱水の温度条件が高くなるほどアスファルトの被膜は少なくなる．また，被膜するアスファルトは骨材全体に残存することから，アスファルトの分離不足によるものと推察される．

一方，骨材表面積が大きく単位質量当たりのアスファルト被膜量が多い細骨材は，粗骨材ほど回収骨材に残存するアスファルト含有率の低下が見られないが，試験温度の上昇及び処理時間の増加によって回収骨材に残存するアスファルト含有量が低下する傾向となる．

なお，合成粒度では，80%前後の骨材回収率が得られた 150℃30 分以降及び 175℃，200℃において 90%以上のアスファルトが分離されることが確認された．

４．回収骨材の性状評価

加圧熱水処理によって回収された骨材の性状を評価するため，90%前後の骨材回収率が得られた 150℃以上の 13.2～2.36mm の回収骨材を対象に密度及び吸水率試験を行った．密度及び吸水率試験の結果を**表－２**に示す．

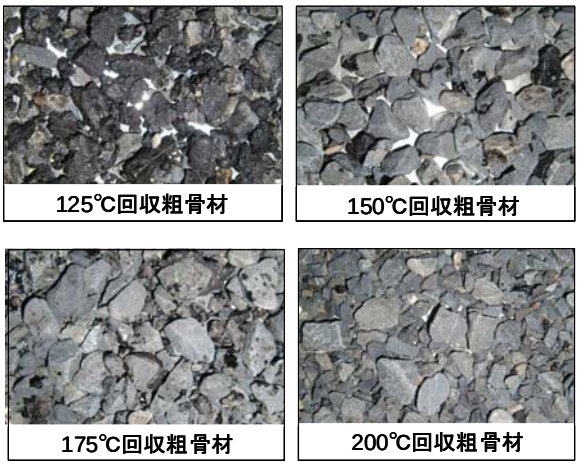
試験温度 150℃処理時間 0 分による回収骨材は，新規骨材と比べて密度が低下し，舗装用砕石の品質目標値である 2.45g/cm³以上を下回った．これは，アスファルト含有率が他の条件に比べて高いため，回収骨材中に残存したアスファルトが骨材の密度に影響したためと考えられる．試験温度 150℃処理時間 30 分以降及び 175，200℃においては新規骨材と比較しても密度の差異は小さく，目標値を満足する値が得られた．また，吸水率は全ての試験条件において目標値である 3%以下を満たすことが確認された．

このことから，アスファルト分の影響を受けない 150℃30 分以降及び 175，200℃の回収骨材の密度及び吸水率は加圧熱水による性状の変化がなく，新規の被膜前骨材と同程度の品質を有することが確認された．

表－１　残存するアスファルト含有率

試験温度（℃）	処理時間（min）	粒度（mm）			
		13.2～2.36	2.36～0.6	0.6～0.15	13.2～0.15
125	0	3.71	8.16	11.38	4.73
	30	1.27	1.67	2.40	1.46
	60	1.81	3.41	1.91	2.09
150	0	0.92	3.08	5.24	1.53
	30	0.23	0.39	1.79	0.47
	60	0.18	0.63	1.62	0.44
175	0	0.31	0.41	2.24	0.54
	30	0.11	0.57	0.74	0.26
	60	0.04	0.11	1.05	0.15
200	0	0.28	0.69	1.27	0.47
	30	0.44	0.22	0.60	0.41
	60	0.07	0.25	0.81	0.18

単位（%）



写真－１　回収骨材の外観（処理時間 30 分）

表－２　密度及び吸水率試験結果

		密度（g/cm³）	吸水率（%）
新　規　骨　材		2.595	0.83
150℃	0分	2.395	1.11
	30分	2.651	1.06
	60分	2.680	1.31
175℃	0分	2.629	0.84
	30分	2.620	0.96
	60分	2.672	1.15
200℃	0分	2.595	0.77
	30分	2.560	0.83
	60分	2.546	0.94

５．回収アスファルトの性状評価

アスファルト抽出試験により，分別回収されたアスファルト分中には，40%程度の細粒分が混入していることを確認した．このことから，加圧熱水によって分別したアスファルト自体の品質を明らかにするため，アスファルトの性状評価に際してはアスファルト回収試験によって得られた試料を針入度及び軟化点試験に供した．なお，アスファルトの回収効率が高く，高温下における変質が懸念される回収アスファルトを対象とした．なお，比較試料として新規の改質Ｈ型及び供試体作成時に発生する熱履歴を与えた改質Ｈ型を劣化アスファルトとして供した．

回収したアスファルトの針入度及び軟化点試験の結果を**表－３**に示す．

回収アスファルトの針入度は，全ての条件にて改質Ｈ型の基準値である 40 以上を満たす結果となった．新規アスファルトの結果と比較するとアスファルトの劣化に伴う硬化傾向が確認された．また，回収アスファルトの軟化点は，全ての条件にて改質Ｈ型の基準値である 80℃以上を満たす結果となった．なお，針入度試験結果と同様に回収アスファルトの劣化傾向が示めされた．しかし，針入度及び軟化点における劣化アスファルトの結果と比較すると，針入度及び軟化点は回収アスファルトと近い値を示していることが確認された．よって，混合時におけるアスファルトの熱劣化を考慮すると，加圧熱水によるアスファルトの劣化は少ないものと考えられる．

表－３　針入度及び軟化点試験結果

		針入度（1/10mm）	軟化点（℃）
新規アスファルト		49.0	95.2
劣化アスファルト		44.7	93.1
150℃	0分	48.7	94.0
	30分	42.0	88.6
	60分	42.6	90.9
175℃	0分	42.0	89.9
	30分	41.0	92.8
	60分	45.3	90.9
200℃	0分	42.0	90.0
	30分	46.7	92.1
	60分	47.3	87.9

６．まとめ

本研究から得られた知見を以下に示す．

○骨材回収性能は骨材の粒径が大きい程高くなることが確認された．

○回収骨材に残存するアスファルト含有率は，試験温度及び処理時間に依存する．

○加圧熱水を用いたアスファルト分別方法は，150℃30 分以降及び 175℃，200℃の条件で骨材全体の 8 割の骨材が回収され，含有する約 9 割のアスファルトが分離される．

○加圧熱水によって分別回収した骨材及びアスファルトは共に加圧熱水による変質は少なく品質を保持している．

以上の結果を踏まえ，加圧熱水を用いたアスファルト分別回収方法は，新たな手法としての確立に向けて高い有用性及び実現性を充分に示唆した．

今後の課題として，多種多様なアスファルト及び骨材を用いた分別回収性能の評価及び更なる効率化を目指した攪拌翼及び攪拌速度の検討．また，分別回収された材料の循環利用に向けた具体的な検討が必要である．

〔参考文献〕

（１）総合的建設副産物対策 pp3－11 平成 15 年版

（２）（社）日本道路協会　舗装調査・試験法便覧〔第４冊〕，pp. 238～255，2007.

（３）加納陽輔：アスファルト舗装材料の高度循環利用，pp52～109，2006.

（４）吉野正弘：高温・高圧水による舗装発生材からの骨材甦生化，2005.