

# 排水性舗装混合物のリサイクル技術の研究(中間報告)

## 研究プロジェクト参加メンバー

東亜道路工業(株)、奥村組土木興業(株)  
(株)NIPPOコーポレーション  
大林道路(株)、(株)コマツ  
大阪市立大学(山田 優)  
近畿大学理工学部(佐野正典)  
国土交通省近畿地方整備局  
(道路部、兵庫国道事務所、近畿技術事務所)

## 1. はじめに

排水性舗装は、従来の密粒度舗装に比べて環境面、安全面等で優れていることから、近年、全国的に施工量が増加してきているが、表層混合物のリサイクルが従来の方式では困難と考えられる。

アスファルト塊のリサイクルは、アスファルト塊を破砕、分級して再生骨材とし、新しい材料に混合して再加熱することで行われている。排水性舗装からのアスファルト塊を再び排水性舗装に利用しようとする排水性舗装混合物のリサイクルでは、この従来方法をそのまま適用すると、次のようなことが懸念される。

1) SBS(スチレン・ブタジエン・スチレン共重合体)などのポリマーが多量に添加された高粘度の改質アスファルトが使用されているため、それが多く付着した再生骨材をドライヤーで加熱しようとする、内部の壁面や羽根にこびりつきやすい。

2) 再生混合物内で、古いアスファルトと新しいアスファルトが混合されにくいと考えられるので、再生アスファルトの性状を把握しにくい。

3) 排水性舗装混合物には、細粒分の少ない単粒に近い粒度の骨材が使用されているが、補修では切削によって混合物を撤去することが多く、その際に細粒化しやすいため、廃材をそのまま使うことは難しい。しかし、細粒分が団粒になっていて、それをふるい分けて除くということができない。

そこで本研究では、既設の排水性舗装から混合物を切削撤去後、再生混合物製造時に支障となる付着アスファルトを分離除去して骨材を回収し、それと新しいアスファルトを用いて再生混合物を製造するリサイクル技術について検討している。

検討課題を次のように分類できる。

- (1) 既設舗装から排水性舗装混合物を撤去収集する方法
- (2) 排水性舗装に再利用可能な再生骨材の分離処理方法
- (3) 排水性舗装用再生骨材分離後の残物を利用する方法
- (4) 再生骨材および再生骨材使用混合物の評価・管理方法

研究予定期間は2005年度～2007年度の3年間で、今年度はその2年目であり、(1)～(3)について検討してきた。その結果、(1)については、現状の切削による撤去方法では切削時に粗骨材がかなり細粒化することが分かったが、細粒化させない撤去方法の開発は今後の研究課題とした。(2)については、(仮称)加熱式と(仮称)摩砕式の2方式が適用可能と考え、今年度、補修工事で収集した排水性舗装混合物廃材を用いて、試験的に両方式で再生骨材を製造し、それを使用して排水性舗装を施工することとなった。また、この再生骨材作製時に得た残物を用いて(3)についての検討も開始した。次年度は、試験施工結果を基に(4)の検討を行う予定である。

以下、加熱式と摩砕式の2方式による再生骨材の製造とそれらを用いた試験舗装用再生ポーラスアスファルト混合物の配合設計の結果等について報告する。

## 2. 加熱式骨材再生：既存のアスファルト混合プラントを用いた排水性舗装混合物のリサイクル技術

### 2.1 概要

本リサイクル技術は、既存のアスファルト混合プラントを用いて、排水性舗装発生材（切削材）と添加材（粉状あるいは粒状材料）を加熱混合し、これを分級することにより再生骨材を分離回収するもの（以下、加熱式骨材再生技術）である。

前年度（平成17年度）の研究では、まず、試作した小型の加熱混合装置を用いて基礎的な実験を行い、使用する添加材の種類とその添加量について検討した。次に、この装置により回収した再生粗骨材を用いた排水性舗装混合物の配合試験を実施し、最適な配合手法を見出すとともに、この再生混合物の諸性状が一般的な新規混合物の基準を全て満足することを確認した。

今年度（平成18年度）は、試験施工に向けての取り組みとして、まず、アスファルト混合プラント実機を使用した実証実験により、加熱式骨材再生技術の実用性を確認した。次に、この結果を踏まえて、試験施工に用いる再生粗骨材を生産し、再生排水性混合物の配合試験および試験練りを実施した。また、再生粗骨材の分離残物である細粒アスファルト材についても有効活用方法を検討した。

### 2.2 プラント実機を用いた実証実験

加熱式骨材再生技術は図-2.1に示すように、排水性舗装発生材と添加材とを加熱混合し、発生材中の粗骨材に付着するバインダーを添加材に吸着させることにより、再生粗骨材（写真-2.1）と細粒アスファルト材（写真-2.2）を分離回収するものである。この方法では、再生過程での骨材の破碎や細粒化が生じないため、表面にバインダーが薄膜状に被覆した再生粗骨材をほぼ原形状態で回収できる。

加熱式骨材再生技術における、再生骨材の主な生産工程フローは図-2.2のとおりであり、以下に作業内容の概要を示す。

排水性舗装発生材（切削材）に砂状の添加材（製品名：シンコーサンド）を1:1の重量比で加熱混合（160～180℃）する。

混合攪拌して得られた再生骨材を5mm目のスクリーンで分級する。

5mm以上を再生粗骨材、5mm未満を細粒アスファルト材として分離回収する。

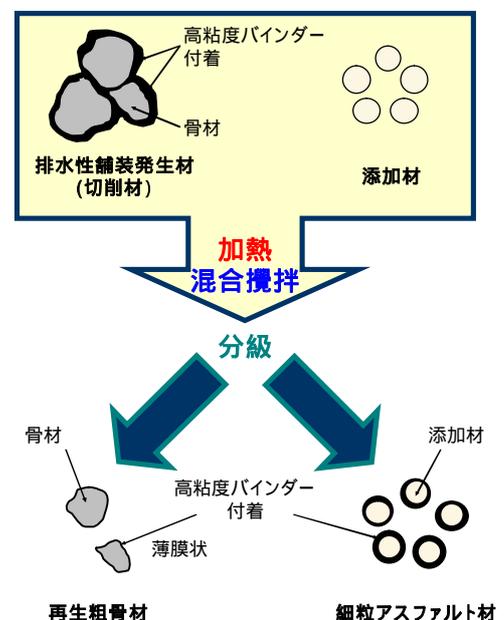


図-2.1 加熱式骨材再生技術



写真-2.1 再生粗骨材

写真-2.2 細粒アスファルト材



写真-2.3 アスファルト混合プラント

アスファルト混合プラント実機を用いた実証実験は、2006年6月11日、東亜道路工業㈱伊丹合材工場（写真 - 2.3）において実施した。発生材は最大寸法 20mm の一般的な排水性舗装からの切削材（試験施工に使用するものと同一材料）を用いた。

本実証実験で得られた再生粗骨材の粒度分布およびアスファルト含有率は表 - 2.1 に示すとおりである。

表 - 2.1 再生粗骨材の諸性状

粒度(mm) ・ 加積通過率(%)								アスファルト含有率 (%)	最大密度 (g/cm <sup>3</sup> )
19.0	13.2	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	0.075		
100	96.2	6.0	4.1	3.8	3.6	2.8	1.9	0.82	2.672

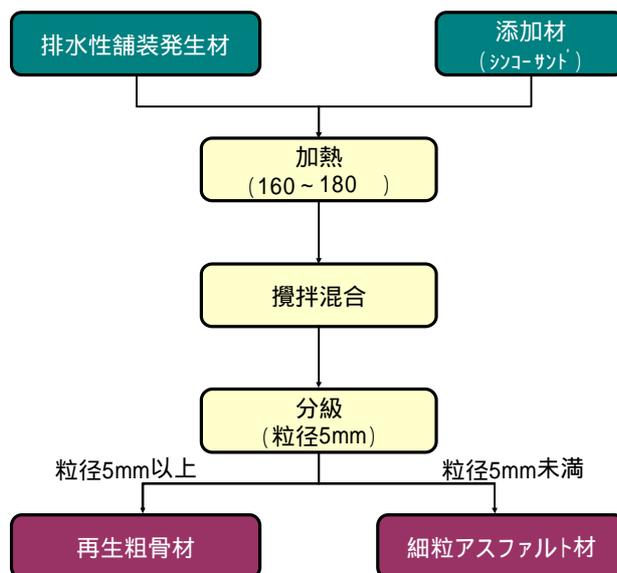


図 - 2.2 再生骨材生産フロー

### 2.3 再生排水性舗装混合物の配合設計

これまでの研究成果と実証実験の結果から、試験施工の実施が可能であると判断し、試験施工用の再生骨材を生産した。この再生粗骨材を用いて、試験施工で舗設する再生排水性舗装混合物の配合設計を実施した。

この結果から、混合物の配合および諸性状をそれぞれ表 - 2.2、表 - 2.3 に示す。

表 - 2.2 再生排水性混合物の配合

材料名	配合比(%)	
	骨材配合	混合物配合
再生粗骨材	88	84.1
海砂	7	6.7
フィラー	5	4.8
ポリマー改質アスファルト	-	4.4 [5.09]
(植物繊維)	-	(0.1)

[ ]内は再生粗骨材に付着するアスファルト量を含めた値である

表 - 2.3 再生排水性混合物の諸性状

測定項目	測定値	目標値
見掛密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.004	-
空隙率 (%)	19.7	20 ± 0.5
安定度 (kN)	6.44	3.43以上
フロー値 (1/100cm)	34.3	20 ~ 40
残留安定度 (%)	85.7	75以上
カンタブロ損失率 (%)	6.4	20以下
透水係数 (cm/sec)	1.841 × 10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup> 以下
動的安定度 (回/mm)	8833	3000以上

### 2.4 細粒アスファルト材（分級残物）の活用方法

加熱式骨材再生技術では、再生骨材から再生粗骨材を分級する際、残物として細粒アスファルト材が発生する。細粒アスファルト材は、極めて貧配合のアスファルトモルタル状（砂系材料に少量のアスファルトを混合したような状態）で回収されるため、適度な粘着性を有する砂材として、インターロッキングの敷砂等への活用が期待できる。

今年度の研究では、細粒アスファルト材にセメントを添加してソイルセメント状の材料とし、道路中央分離帯等に用いる防草舗装材としての適用性を試験施工により検討した。防草舗装材の配合は、一般的に防草舗装材の圧縮強度の目安とされる 3.0 N/mm<sup>2</sup> 以上を満たすことを条件として、細粒アスファルト材と普通セメントの配合比（重量比）を 93:7（水セメント比 100%）とした。なお、試験施工に関しては追跡調査を計画しており、この結果は次年度の研究成果として報告する予定である。

### 3. 摩砕式骨材再生：摩砕機を使用した排水性舗装混合物のリサイクル技術

#### 3.1 概要

この技術は、排水性舗装発生材（切削材）を特殊な摩砕機に投入し、装置内で金属製の隔壁や球体に連続的に接触させることで粗骨材の周囲のバインダー被覆を剥離するものである。（以下摩砕式骨材再生技術と称す）

平成 17 年度の研究では、小型の摩砕機を装備した試験設備を仮設して、摩砕式骨材再生技術による排水性舗装用として再利用可能な再生骨材生産についての基礎的検討を実施した。写真 3.1 に摩砕前後の再生粗骨材の外観形状を示す。

写真から、摩砕式骨材再生技術は排水性舗装発生材の粗骨材周囲のバインダー皮膜のはく離に有効と考えられたが、再材料化の生産能力が小さいことなどの課題が顕在化した。

平成 18 年度はその結果を踏まえて、大型の摩砕機を装備した製造試験設備を使用して再生骨材を生産した。以下にその概要と成果を示す。



摩砕前の排水性舗装発生材



摩砕後の再生粗骨材

写真 3.1 摩砕式骨材再生技術による再生粗骨材の外観

#### 3.2 摩砕式骨材再生技術

再材料化する排水性舗装の発生材は最大寸法 20mm の一般的な排水性舗装で、舗装修繕工事において路面切削機を用いて取り壊され、中間処理施設に集積されたものを使用した。

再材料化の主要工程フローを図 3.1、各工程の概要を以下に示す。

##### 再生骨材の分級

上網 40mm、下網 5mm の振動ふるいにて備蓄した切削材をふるい分けし、製造試験設備への材料とした。

##### 再生骨材の 1 次洗浄（スパイラル分級機）

最初の工程で 5 mm 以下を分級した切削材は、再生骨材の周囲に細粒分が付着している。再生骨材の生産量を増大させるにはこれらを除去することが適当と考えられた。このため切削材を摩砕機に投入する前工程に 1 次洗浄（スパイラル分級機）設備を設置した。なお、分離された細粒分は、使用した水と共に水槽に一時貯留させ、高分子凝集剤を添加した後に水処理装置（シックナー、フィルタープレスなど）で処理した。

##### 摩砕機

本件で使用した摩砕機の外観と機構を写真 3.2 に示す。この機械は乾燥および湿潤状態のいずれの条件においても運転可能な設備である。今回製造する再生骨材は再生排水性アスファルト混合物に使用することを目的としており、再生骨材の品質は、その周囲に微粒分の付着が少ないことがよいと考えられたことから、運転条件は湿式状態を選定した。

##### 再生骨材の 2 次洗浄

摩砕機から排出される材料を粒径により区別すると、再生粗骨材と再生細骨材および微粒分が大別される。再生排水性アスファルト混合物用の素材は再生粗骨材としており、摩砕後の工程ではこれらを分級する必要があった。微粒分の除去にはスパイラル分級機が適当であり、2 次洗浄工程として設置した。

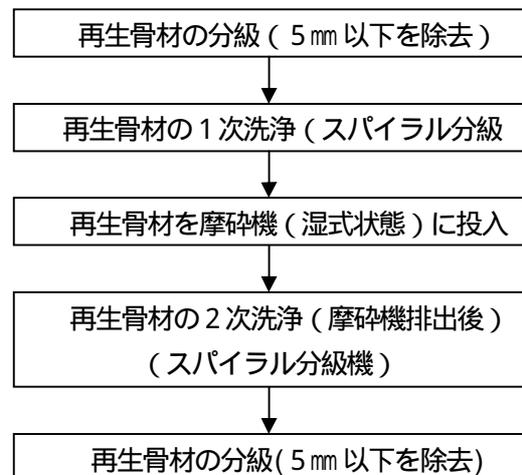


図 3.1 主要工程のフロー図



#### 4. 加熱式および摩砕式骨材再生技術で製造した再生粗骨材を用いた再生ポーラスアスファルト混合物の配合設計

##### 4.1 概要

加熱式および摩砕式骨材再生技術により再材料化された再生粗骨材（写真 4.1）を用い、再生ポーラスアスファルト混合物（13）の配合設計試験を実施した。配合設計では、再材料化した再生粗骨材（粒径：6号砕石相当）を粗骨材配合で100%使用することを基本方針とした。

なお、今後はアスファルトプラントによる試験練りを経て、国道43号（神戸市）で試験舗装を実施予定である。



加熱式



摩砕式

写真 4.1 加熱式および摩砕式骨材再生技術により製造された再生粗骨材

##### 4.2 配合設計

###### 混合物の規格

目的とする再生ポーラスアスファルト混合物の規格とその性状の基準値を表 4.1 および表 4.2 に示す。

表 4.1 混合物の規格

種類	骨材最大寸法 (mm)	アスファルトの種類	標準アスファルト量 (%)	突き固め回数 (%)	その他
再生ポーラスアスファルト混合物	13	ポリマー改質H型	-	50	繊維質補強材 0.1%添加

表 4.2 再生ポーラスアスファルト混合物性状の基準値

空隙率 (%)	マーシャル安定度 (KN)	残留安定度 (%)	カンタプロ損失率 (%)	透水係数 (cm/sec)	動的安定度 (回/mm)
20 程度	3.5 以上	75 以上	20 以下	$1 \times 10^2$ 以上	3,000 以上

###### 材料

加熱式および摩砕式骨材再生技術により再材料化された再生粗骨材の特徴は、粗骨材の周囲に1%程度のアスファルトモルタル分が付着していることである。付着状態は2つの骨材分離技術に毎に異なり、加熱式は粗骨材の周囲にアスファルトモルタル分が薄膜状、摩砕式では粗骨材表面の一部に団粒状となっている。

なお、摩砕式骨材再生技術による粗骨材はアスファルトモルタルの付着状態が不均一であり、そうした品質が配合設計にどのような影響を与えるかについては不明なため、配合設計試験における再生粗骨材は、見掛け状態についても密度や粒度分布を試験・評価した。

表 4.3 に再生ポーラスアスファルト混合物（13）に使用した各素材の物理性状試験結果を示す。

表 4.3 各素材の物理性状試験結果

###### 【再生粗骨材】

試験項目	試験方法	加熱式再生粗骨材	摩砕式再生粗骨材	規格（目標値）
最大密度 (g/cm <sup>3</sup> )	舗装試験法便覧	2.672	2.657	-
アスファルト含有率 (%)		0.82	1.00	(1.00)

【細骨材】

試験項目		試験方法	加熱式用	摩砕式用	規格(目標値)
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	表乾	JIS A 1109	2.593	2.547	-
	見掛		2.664	2.619	-
吸水率 (%)	1.67		1.77	-	
安定性 (%)		JIS A 1122	-	2.2	12 以下

【骨材粒度】

フルイ目\種別	加熱式			摩砕式		
	再生粗骨材	海砂	石粉	再生粗骨材	粗砂	石粉
19.0 mm	100.0			100.0 (100.0)		
13.2	96.2	100.0		97.9 ( 97.3)		
4.75	6.0	99.3		15.4 ( 9.2)	100.0	
2.36	4.1	93.8		3.0 ( 0.3)	94.1	
600 μm	3.8	51.2	100	2.1	34.6	100.0
300	3.6	28.2	-		16.9	99.9
150	2.8	6.0	90		4.1	96.5
75	1.9	1.5	75		2.0	81.1

注) 再生粗骨材の( )内は見掛け状態における試験値

配合試験結果

加熱式および摩砕式再生ポーラスアスファルト混合物の配合設計試験は、一般的なポーラスアスファルト混合物の配合設計の手順と同様に、2.36mmふるい通過量を暫定的に3粒度仮定したマーシャル供試体を作製し、それらの空隙率から骨材配合比を定めた後、ダレ試験にて最適アスファルト量を決定した。表 4.4 に示すとおり、2種類の再生ポーラスアスファルト混合物は、目的とした規格や基準値を十分に満足するものであった。

表 4.4 再生ポーラスアスファルト混合物の配合試験結果

項目		配合種		配合種	
		加熱式再生ポーラスアスファルト混合物(13)		摩砕式再生ポーラスアスファルト混合物(13)	
		骨材配合	混合物配合	骨材配合	混合物配合
配合 (%)	再生粗骨材	88	84.1	87	83.3
	粗砂	7	6.7	8	7.7
	石粉	5	4.8	5	4.8
	アスファルト	-	4.4 [5.09]	-	4.2[5.03]
	繊維質補強材	-	0.1 (外割)	-	0.1 (外割)

注) アスファルトの[ ]内の数値は、抽出試験後の値

項目		配合種		基準値	
		加熱式再生ポーラスアスファルト混合物(13)	摩砕式再生ポーラスアスファルト混合物(13)		
骨材合成粒度	通過質量百分率 (%)	19.0 mm	100.0	100.0(100.0)	100
		13.2	96.7	98.2( 97.0)	90 ~ 100
		4.75	17.3	26.4( 21.0)	11 ~ 35
		2.36	15.2	15.1( 12.8)	10 ~ 20
		600 μm	11.9	9.6( 7.8)	-
		300	10.2	6.4( 6.4)	-
		150	7.4	5.1( 5.1)	-
		75	5.6	4.3( 4.3)	3 ~ 7
混合物性状	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.004	1.984	-	
	理論密度 (g/cm <sup>3</sup> )	-	2.489	-	
	空隙率 (%)	19.7	20.3	20 程度	
	飽和度 (%)	-	28.5	-	
	安定度 (KN)	6.44	5.39	3.5 以上	
	フロー値 (1/100cm)	34	37	-	
	残留安定度 (%)	85.7	87.0	75 以上	
	カンタブロ損失率 (%)	6.4	12.8	20 以下	
	透水係数 (cm/sec)	18.4 × 10 <sup>2</sup>	11.4 × 10 <sup>2</sup>	1 × 10 <sup>2</sup> 以上	
	動的安定度 (回/mm)	8,800	4,500	3,000 以上	

注) 骨材合成粒度の( )内は見掛け状態における試験値