

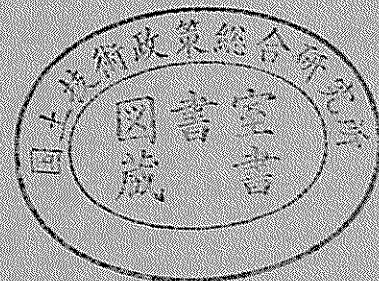
# 港湾技術資料

TECHNICAL NOTE OF  
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE  
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 836      June 1996

再生アスファルト混合物の基本的性状

八 梅 中 野	谷 野 村 田	好 修	高 一 健 工
------------------	------------------	--------	------------------



運輸省港湾技術研究所

# 目 次

要旨 .....	3
1. はじめに .....	5
2. 再生加熱アスファルト混合物の現状 .....	5
2.1 道路舗装における再生加熱アスファルト混合物 .....	5
2.2 重交通舗装への適用 .....	7
3. 配合設計 .....	7
3.1 材料 .....	7
3.2 配合試験 .....	10
3.3 まとめ .....	11
4. 混合物の力学特性とアスファルトの物理特性 .....	11
4.1 試験方法 .....	11
4.2 試験結果 .....	11
4.3 まとめ .....	14
5. 結論 .....	14
6. おわりに .....	14
参考文献 .....	14

# 再生アスファルト混合物の基本的性状

八谷好高\*

梅野修一\*\*

中村 健\*\*\*

野田 工\*\*\*\*

## 要 旨

舗装の解体工事等に伴って発生する材料（発生材）の再利用化が社会的に強く要請されているが、空港の舗装に関しては技術基準として整備されるに至っていない。コンクリートがらの空港舗装下層路盤としての適用性に引き続いて、アスファルトコンクリートの空港舗装への再生利用についてその基本的考え方を取りまとめた。

今回は、アスファルトコンクリート再生骨材を一般的な市中のプラントから入手し、これに通常骨材、再生用添加剤、アスファルト等を配合することにより、再生加熱アスファルト混合物を製造して、それらの基本的性状を室内試験により調べた。これらの混合物は、再生骨材使用率を最大で40%とし、空港舗装の表層、基層、上層路盤を対象としている。実施した試験は、混合物のマーシャル試験、曲げ試験、ホイールトラッキング試験のほか、混合物から回収したアスファルトの物理・化学的性状試験である。

再生骨材使用率を30、40%とした場合の再生加熱アスファルト混合物に関する一連の室内試験結果を総括して、空港舗装への適用方針をまとめると、次のようになる。

- (1) 再生混合物の強度、耐剥離性、耐流動性については、通常混合物と同等であるが、脆化傾向も顕著にみられる。
- (2) 再生混合物から回収したアスファルトの物理的性状は、通常混合物のものと同等であるが、老化に起因する成分変化も顕著である。
- (3) 再生混合物は、基本的には空港舗装の基層ならびに上層路盤として使用可能といえるものの、表層については老化の進行が懸念されるため、その適用は難しい。

キーワード：リサイクル、アスファルトコンクリート、室内試験、表層、基層、上層路盤、老化

---

\* 土質部滑走路研究室長

\*\* 土質部主任研究官

\*\*\* 土質部滑走路研究室研究官

\*\*\*\* 土質部滑走路研究室研究員

# Fundamental Properties of Recycled Asphalt Mixtures

Yoshitaka HACHIYA\*

Shuichi UMENO\*\*

Takeshi NAKAMURA\*\*\*

Takumi NODA\*\*\*\*

## Synopsis

There is a strong need to re-utilize the materials composing demolished airport pavements in the reconstruction of pavements. As a follow-up of a previous report on the applicability of demolished concrete in the subbase of airport pavement, recycled asphalt mixtures are considered here. Several types of mixtures were assessed in laboratory tests in an effort to realize their use in the surface course, binder course and base course. These tests examined the mechanical properties of the asphalt mixtures, and both the physical and chemical properties of the asphalt recovered from the mixtures.

As a result, the following conclusions were obtained :

- (1) Although recycled asphalt mixtures have almost the same characteristics as new asphalt mixtures in terms of strength and resistance against stripping and rutting, they are much brittle.
- (2) The physical properties of asphalt recovered from recycled asphalt mixtures are similar to those of new asphalt, but the recovered asphalt is appreciably aged due to the previous usage.
- (3) Recycled asphalt mixtures are basically applicable to the binder course and the base course of airport pavements. Due to their strong tendency towards aging, however, they cannot be used as the surface course.

**Keywords** : recycling, asphalt concrete, laboratory test, surface course, binder course, base course, aging

---

\* Chief, Runways Laboratory, Geotechnical Engineering Division  
\*\* Senior Research Engineer, Geotechnical Engineering Division  
\*\*\* Research Engineer, Runways Laboratory, Geotechnical Engineering Division  
\*\*\*\* Member, Runways Laboratory, Geotechnical Engineering Division

## 1. はじめに

資源の有効利用や地球環境保全の観点から、建設副産物のリサイクルが促進されてきており、空港舗装関連の建設事業に関しても積極的な取組みが図られているところである。舗装の解体工事等に伴って発生する材料（舗装発生材）の再利用については、道路分野で1970年代から本格的な技術開発が進められてきており、再利用技術の標準化が図られている<sup>1)</sup>。空港舗装では、いくつかの試みはなされているものの<sup>2)</sup>、舗装材料の品質に対する要求水準が道路の場合とは異なっていることもあって、技術基準として整備されるまでには至っていないのが現状である。

舗装に再利用できる舗装発生材、すなわち再生材には、再生加熱アスファルト混合物と再生路盤材とがある。前者は、アスファルトコンクリート再生骨材に再生用添加剤、新アスファルトや補足材を加えて製造された加熱アスファルト混合物で、表層・基層のほか上層路盤がその使用対象となる。後者は路盤発生材や再生コンクリート骨材に補足材等を加えて製造された路盤材で、再生クラッシュラン、再生粒度調整砕石ならびに再生安定処理路盤材（セメント、石灰による）がある。このうち、再生クラッシュランについては空港舗装への適用性をまとめたところである<sup>3)</sup>。

再生加熱アスファルト混合物は、その長期間の耐久性が十分には確認されていないとして、道路分野においても重交通を対象としたD交通用道路舗装の表層へは適用されていなかった。しかし、平成4年に改定されたプラント再生舗装技術指針<sup>4)</sup>において、通常の加熱アスファルト混合物と同等に扱うことが可能とされたことから、今後は重交通用道路舗装への利用が進むものと考えられる。

このような道路分野における舗装発生材の再生利用技術の動向を鑑みて、今回は再生加熱アスファルト混合物の空港舗装への適用性について検討した。本資料では、通常加熱アスファルト混合物と比較することに主眼を置いて実施した室内試験結果を取りまとめた。

## 2. 再生加熱アスファルト混合物の現状

空港舗装の補修工事等で再生加熱アスファルト混合物が使用される場合に、空港舗装からの発生材がそのまま用いられるとは考え難く、市中の再生プラントで製造された材料が使用されるものと思われる。その場合、主たるものとなる道路舗装からの発生材は道路舗装への使用

実績が豊富なので、以下では、まずプラント再生舗装技術指針に従って道路舗装における再生加熱アスファルト混合物の使用方法についてまとめる。そして、再生加熱アスファルト混合物を重交通用舗装へ適用する場合の問題点について考察する。

### 2.1 道路舗装における再生加熱アスファルト混合物

#### (1) 材料

道路舗装を対象とした再生加熱アスファルトコンクリートおよび再生加熱アスファルト安定処理路盤材には、表-1に示した品質規定を満足するアスファルトコンクリート再生骨材が使用されている（0~13mmの粒度範囲の場合）。また、表-2にはアスファルトコンクリート、アスファルト安定処理材のそれぞれについて、粒度範囲に関する規定を示してある。なお、表中の再生粗粒度（アスファルトコンクリート）は基層、再生密粒度（アスファルトコンクリート）は表層を対象としたものである。

混合物の品質については、表・基層用材料、路盤用材料のそれぞれに対して表-3に示すように規定されてお

表-1 再生骨材の品質規格

項目	旧アスファルト含有量 (%)	旧アスファルト針入度 (1/10mm)	洗い試験で失われる量 (%)
規格値	3.8 以上	20 以上	5 以下

表-2 再生加熱アスファルト混合物の粒度範囲

混合物の種類	表・基層			上層路盤
	密粒度		粗粒度	
仕上り厚 (cm)	4~6	4~6	3~5	-
最大粒径 (mm)	13	20	20	40
通過質量百分率 (%)	53	-	-	100
	37.5	-	-	95~100
	26.5	-	100	-
	19	100	95~100	50~100
	13.2	95~100	75~90	-
	4.75	55~70	45~65	-
	2.36	35~55		20~60
	0.60	18~30		-
	0.30	10~21		-
	0.15	6~16		-
0.075	4~8		0~10	

注1)通過質量百分率欄の0.075~53は粒径(mm)

注2)上層路盤は望ましい範囲

り、これが満足されれば通常材料と同等の構造的価値があるとみなされている。なお、再生アスファルトの品質規格については通常アスファルトのものがそのまま用いられている。

(2) 配合

再生加熱アスファルト混合物は、再生骨材中のアスファルト（旧アスファルト）に再生用添加剤、新アスファルトを加えて、設計針入度に適合するようにアスファルトを調整し、表-3に示した品質規格を満足することが必要となる。その手順は図-1に示すようにまとめられる。

この図に示したように、再生アスファルト混合物中のアスファルト（再生アスファルト）の針入度が設計針入度になるように調整する方法には次のような3つの方法がある。

①再生用添加剤を使用する方法（図-2）

表-3 再生加熱アスファルト混合物の品質規格

混合物の種類	表・基層		上層路整
	粗粒度	密粒度	
突固め回数	75*		50
空隙率 (%)	3~7	3~6	3~12
飽和度 (%)	65~85	70~85	-
安定度 (kgf)	500 以上	750 以上**	350 以上
フロー値 (1/10mm)	20~40		10~40

\* C,D 交通の場合, L~B 交通では 50

\*\* C,D 交通の場合, L~B 交通では 500 以上

再生骨材から回収した旧アスファルトに一定量の再生用添加剤を添加して針入度を測定し、これと旧アスファルトの針入度とを結んで直線を引き、この直線上の設計針入度に相当する点の値が再生用添加剤量となる。

②新アスファルトを使用する方法（図-3）

旧アスファルトの針入度と新アスファルトの針入度を結んで直線を引き、この直線上の設計針入度に相当する点の値が新・旧アスファルトの配合比率となる。

③上記の①, ②を併用する方法

一般には、再生骨材が主体となる場合は再生用添加剤が用いられ、新材料が主体となる場合または設計針入度よりも高い針入度の新アスファルトが用いられる場合は新アスファルトが用いられることが多い。なお、再生骨材の配合率が低い場合（10%以下）は、それが再生アスファルト中の旧アスファルトの影響が小さいとして、設計針入度への調整を省略し、新しい材料のみを用いた場合と同様の配合設計方法が適用できるとしている。なお再生用添加剤の品質規定は表-4に示すようなものである。

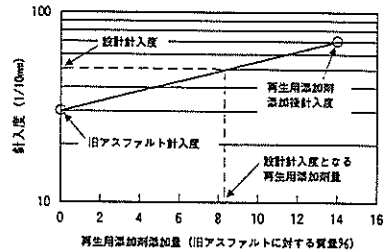


図-2 再生用添加剤による針入度の調整

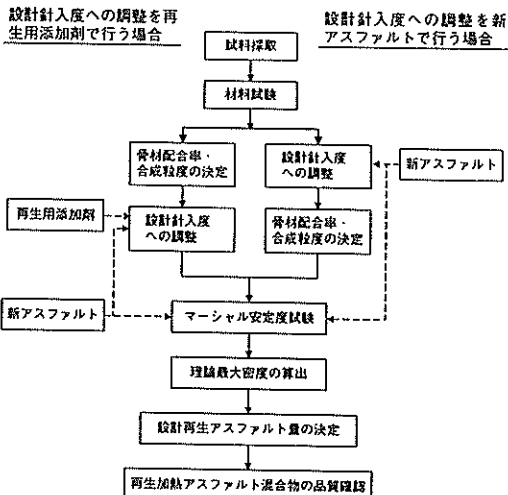


図-1 配合設計のフロー

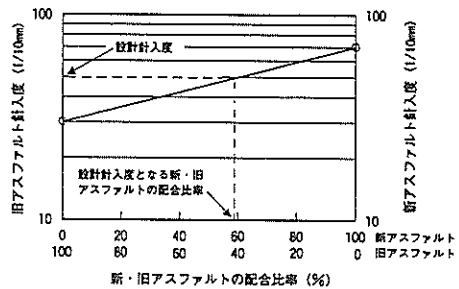


図-3 新アスファルトによる針入度の調整

表-4 再生用添加剤の品質規格

項目	標準値
動粘度 (cSt)	80~1,000
引火点 (°C)	230 以上
薄膜加熱後の粘度比	2 以下
薄膜加熱質量変化率 (%)	±3 以内

## 2.2 重交通舗装への適用

プラント再生工法による再生加熱アスファルト混合物は、昭和50年代半ばから本格的に使用され始め、図-4に示すように、平成5年度には全加熱アスファルト混合物の20%を占めるまでになっている<sup>4)</sup>。この反面、平均再生骨材配合率は昭和60年頃は60%を超えていたが、図-5に示すように次第に小さくなってきており、平成4年度では40%程度となっている<sup>4)</sup>。再生骨材配合率を小さくすることは、混合物の品質を確保する点では有利である。

再生加熱アスファルト混合物のD交通道路舗装の表層への使用実績について、平成7年度に実施された道路管理者に対するアンケートからは、管理者全体の5%しかこの材料を使用していないことが判明した<sup>4)</sup>。これは、プラント再生舗装技術指針では新アスファルトとしてストレートアスファルトを用いることが前提となっているのに対し、重交通用道路舗装の表層には改質アスファルトを使用することを原則としている管理者が多いことも一つの理由であろう。

また、市中の再生プラントに搬入される舗装発生材には、既に再生されたアスファルト混合物や改質アスファルトコンクリートが含まれている可能性が大きい。これ

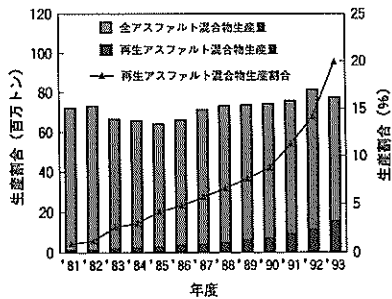


図-4 アスファルト混合物生産量の推移

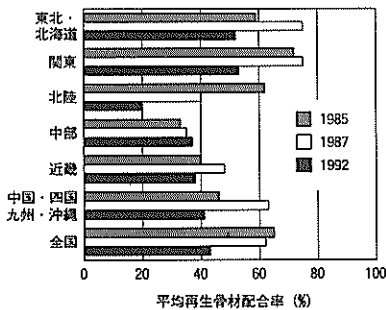


図-5 再生骨材配合率の推移

らの混合物の再生利用については、現在も継続して検討されているが、その方法が確立されるまでには至っていないこともその理由として挙げられる。

こうしたことから、再生加熱アスファルト混合物を空港舗装へ用いる場合には、対象とする層、すなわち、表層、基層、上層路盤別に、通常骨材を使用した混合物との比較・検討を行うほかに、

- ①表層への適用性
- ②再生混合物の再生（再々生）ならびに改質アスファルトの再生可能性

の2点について検討することが特に必要となるものと考えられる。しかし、これらの点について十分に検討するためには長い期間を必要とするので、今回は再生骨材と通常骨材を用いたアスファルト混合物の挙動の違いに重点を置いて、再生加熱アスファルト混合物の空港舗装への適用性について取りまとめることとする。

## 3. 配合設計

今回の試験で使用した材料について、以下のように、混合物、骨材、アスファルトならびに再生用添加剤に分けて示した。試験方法は一覧表にして表-5に示した。

### 3.1 材料

#### (1) 混合物

今回は、空港基本施設の表層、基層、上層路盤を対象に、通常骨材のみを使用する場合のほか、再生骨材を使用する場合には再生骨材配合率を2種類考えて、アスフ

表-5 試験項目と方法

試験項目	試験方法
骨材のふるい分け試験	JIS A 1102
細骨材の比重および吸水率試験	JIS A 1109
粗骨材の比重および吸水率試験	JIS A 1110
粗骨材のすり減り試験	JIS A 1121
液性限界試験	JIS A 1205
塑性限界試験	JIS A 1206
再生骨材のアスファルト抽出試験	舗装試験法便覧
再生骨材の洗い試験	プラント再生舗装技術指針
再生骨材の最大比重試験	舗装試験法便覧
再生骨材のアスファルト回収試験	石油学会法
アスファルトの針入度試験*	JIS K 2207
アスファルトの軟化点試験*	JIS K 2207
再生アスファルトの密度試験	JIS K 2207
再生アスファルトの動粘度測定	B型回転粘度計法

\* 回収、再生の両アスファルト



アルト混合物の配合設計を行った。そして、それに従ってアスファルト混合物を作製し、混合物の力学試験（マーシャル安定度試験、ホイールトラック試験、曲げ試験）ならびに混合物から回収したアスファルトの試験（針入度試験、軟化点試験、赤外線吸収スペクトル分析）を行った。

配合設計は、表-6に示す通常骨材を用いた加熱アスファルト混合物3種類と再生骨材を用いた加熱アスファルト混合物7種類の合計10種類について実施した（以下では、それぞれ、通常混合物、再生混合物と称す）。再生混合物における再生骨材の配合率については30%、40%の2種類とした。これは、上記のように、プラント再生舗装技術指針で再生骨材配合率10%以下の場合には通常骨材を使用した混合物と同様に取り扱ってよいとしていること、図-5に示すように、全国的にみて近年再生骨材配合率が低下していることから、再生骨材配合率を多くすることは荷重条件の厳しい空港舗装にとって得策ではないと判断したためである。各混合物に対する品質の基準値は表-7のようにまとめられる。

表-6 試験に供した混合物の種類

混合物	施設	層	最大粒径 (mm)	実施配合		
				通常	再生30	再生40
A	空港	表層	13	○	○	○
B	空港	表層	13			○
C	空港	表層	20	○		○
D	空港	基層	20	○		○
E	道路	表層	13			○
F	空港	上層路盤	40			○

注) 再生30, 40: 再生骨材使用率30, 40%の意味

表-7 試験に供した混合物の品質規格

施設	空港				道路
	表層	表層	基層	路盤	表層
突固め回数	75	50	75	75	50
安定度 (kgf)	900以上	500以上	900以上	500以上	500以上
フロー値 (1/10mm)	20~40	20~40	15~40	20~40	20~40
空げき率 (%)	2~5	3~5	3~6	3~8	3~6
飽和度 (%)	75~85	75~85	65~80		70~85
適用混合物	配合A: 通常 配合A: 再生30 配合A: 再生40 配合C: 通常 配合C: 再生40	配合B: 再生40	配合D: 通常 配合D: 再生40	配合F: 再生40	配合E: 再生40

(2) 骨材

使用材料は表-8に示すとおりである。表-9には使用した骨材の粒度を、表-10、表-11にはそれぞれ通常骨材と再生骨材の品質をまとめた。なお、再生骨材は、それを製造した再生プラントにおける生産比率に従って、R-2（粒径5~13mmの骨材）とR-3（粒径0~5mmの骨材）を4:6の割合で混合したものを使用した。これらの再生骨材の品質は、プラント再生舗装技術指針に示された基準を十分に満足することがわかっている。

(3) アスファルトならびに再生用添加剤

アスファルトとしては、通常混合物、再生混合物とも、ストレートアスファルトを用いた（針入度はそれぞれ60-80、40-60）。それらの品質は表-12に示すとおりである。

表-8 使用材料の品質

材料	材質
碎石4号	硬質砂岩
碎石5号	
碎石6号	
碎石7号	
スクリーニングス	
粗砂	川砂
細砂	洗い砂
石粉	石灰岩粉末
再生骨材	R-2, R-3
アスファルト	ストレート40-60
	ストレート60-80
再生用添加剤	石油系潤滑油



表-9 使用した骨材の粒度

粒径 (mm)	通常骨材								再生骨材	
	4号	5号	6号	7号	スクリーン*ス	粗砂	細砂	石粉	R-2	R-3
31.5	100									
26.5	98.6	100								
19	14.0	90.1	100						100	
13.2	0.3	11.2	93.3	100					99.0	100
4.75		0.2	9.9	90.6	100	100	100		40.2	97.0
2.36			1.3	17.1	89.6	83.7	99.3		27.2	70.5
0.6				0.9	43.4	44.1	95.9		18.1	40.4
0.3					29.9	21.2	32.1	100	13.3	27.1
0.15					20.1	6.1	2.2	97.2	7.4	15.3
0.075					11.9	1.7	0.6	79.9	5.1	9.8

表-10 通常骨材の品質

項目	4号	5号	6号	7号	スクリーン*ス	粗砂	細砂	石粉
比重 (g/cm <sup>3</sup> )	2.680	2.686	2.687	2.683	2.709	2.692	2.714	2.700
吸水率 (%)	0.58	0.69	0.88	0.98	2.30	2.27	2.25	
すり減り減量 (%)		12.8						
塑性指数					NP	NP	NP	
水分量 (%)								0.20

表-11 再生骨材の品質

項目	R-2	R-3
洗い試験 (%)	1.1	
最大比重 (g/cm <sup>3</sup> )	2.531	2.430
旧アスファルト量 (%)	5.50	
回収 アスファルト	針入度 (1/10mm)	29
	軟化点 (°C)	56.6

表-13 再生用添加剤の品質

試験項目		試験値
密度 (g/cm <sup>3</sup> )		0.9299
動粘度 (cSt)	40°C	280.8
	60°C	88.22
組成 (%)	飽和分	61.5
	芳香族分	34.7
	レジン分	3.8

表-12 新アスファルトの品質

試験項目	試験値	
	ストレート 40-60	ストレート 60-80
針入度 (1/10mm)	50	70
軟化点 (°C)	49.5	46.0
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.038	1.035
動粘度 (cSt)	120°C	1090
	150°C	234
	180°C	75.4
		881
		196
		65.0

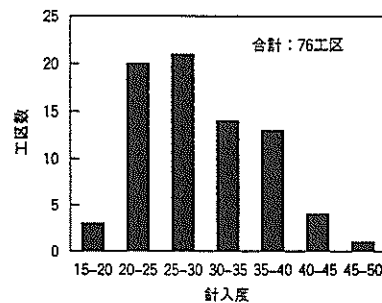


図-6 再生骨材から回収した旧アスファルトの針入度

表-13には再生骨材の品質を示してある。これから回収した旧アスファルトの針入度は29と、実態調査結果をまとめた図-6<sup>5)</sup>による最も多い範囲(25~30)に入っ

ており、今回用いた材料は一般的なものであることがわかる。なお、この図に示したデータは、建設省が昭和57、58年度に全国で統一的に試験施工を行って追跡調査を実施

した結果として得られたものである。

使用した再生用添加剤の品質は表-14に示すとおりである。

### 3.2 配合試験

各混合物の配合設計は、図-1に示したフローチャートに従って実施された。各混合物の粒度は規定範囲の中央値を目標にして調整された。また、設計アスファルト量は配合試験における各項目に適合する共通範囲の中央値とされた。再生アスファルトの針入度は、前述の再生用添加剤による方法により調整され、設計針入度を満足する添加量は7.5%となった。このようにして得られ

表-14 再生骨材の品質

試験項目	試験値
旧アスファルト含有量 (%)	5.50
旧アスファルトの針入度 (1/10mm)	29
洗い試験で失われる量 (%)	1.1

表-15 再生アスファルトの品質

試験項目	試験値
針入度 (1/10mm)	50
軟化点 (°C)	52.0
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.038
動粘度 (cSt)	120°C 990 150°C 253 180°C 82

た再生アスファルトの品質は表-15に示すとおりで、プラント再生舗装技術指針の規格を十分満足するものである。なお、この表に示した再生アスファルトは配合C(再生40%)の場合である。

各混合物のマーシャル安定度試験結果は、表-16に示すとおりである。この結果からは、再生混合物は通常混合物に比べて、設計アスファルト量は若干減少するものの、安定度が100kgf程度高い値を示していることがわかる。このような高安定度は再生混合物の特徴で、再生骨材中のアスファルトがすでに老化作用を受けていることが原因である。

アスファルト混合物の耐剥離性を評価するために、標準ならびに水浸状態でのマーシャル安定度試験を行って残留安定度を求めた。その結果は表-17に示すとおりである。再生混合物の残留安定度は、混合物Aの場合で、通常混合物に比べて再生骨材率30%、40%のそれぞれで0.7%、1.2%高くなっているなど、各混合物において若干ではあるが高い値となっている。

表-17 残留安定度

混合物	通常	再生30	再生40
A	96.5	97.2	97.7
B			95.0
C	97.0		98.3
D	88.1		89.0
E			91.9
F			82.8

(単位：%)

表-16 配合試験結果

混合物	配合	設計アスファルト量 (%)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (kgf)	フロー値 (1/10mm)
A	通常	5.8	2.387	3.1	86.5	1,300	34
	再生 30%	5.7	2.389	3.1	86.0	1,380	35
	再生 40%	5.7	2.389	3.0	86.0	1,390	34
B	再生 40%	5.8	2.375	3.4	79.0	1,200	34
C	通常	5.6	2.393	3.1	80.5	1,310	34
	再生 40%	5.5	2.396	3.0	85.5	1,420	33
D	通常	4.9	2.397	4.0	74.0	1,180	29
	再生 40%	4.8	2.393	4.0	73.5	1,280	29
E	再生 40%	5.6	2.372	3.8	77.0	1,220	32
F	再生 40%	4.6	2.377	5.0	67.5	1,290	28

### 3.3 まとめ

以上のことから、再生アスファルト混合物の配合設計については次のようにまとめられる。

- 1) 再生混合物は、再生骨材配合率が増加するにつれて、設計アスファルト量は減少し、安定度は増大する傾向がある。
- 2) 再生混合物の残留安定度は、通常混合物と同等であり、耐剥離性は十分である。

## 4. 混合物の力学特性とアスファルトの物理特性

### 4.1 試験方法

混合物については曲げ試験を中心にしてその力学性状を調べた。また、表層用材料（混合物 A, B, C, E）についてはホイールトラッキング試験も実施した。このほか、混合物から回収したアスファルトに対して物理的・化学的試験を行った。

#### ①混合物の曲げ試験

混合物の単純曲げ試験により、各混合物のひび割れ抵抗性を評価した。試験条件は表-18に示すとおりである。

#### ②混合物のホイールトラッキング試験

ホイールトラッキング試験により、表層用混合物の動的安定度を求め、耐流動性を評価した。

#### ③回収アスファルトの性状試験

混合物の老化程度を把握するために、曲げ試験に使用した供試体からアスファルトを回収し、針入度試験、軟化点試験および赤外線吸収スペクトル分析を実施した。それらの試験方法については表-5に示してある。

### 4.2 試験結果

#### (1) 混合物の曲げ試験

図-7、図-8は混合物 A について、載荷速度を 10mm/min、100mm/min とした場合の曲げ強度と温度の関係を示したものである。この図から再生骨材配合率、すなわち再生率の増加とともに、強度も増加することがわかる。しかし、この反面、破断ひずみは、図-9、図-10に示すように、再生率の増加につれて減少することがわ

表-18 曲げ試験の条件

供試体寸法	300×50×50mm
試験温度	4種類 (-10, 0, 20, 40℃)
載荷速度	2種類 (10, 100mm/min)
載荷位置	支点間長200mmの中央

かる。特に、この破断ひずみの減少傾向は試験温度 20℃付近で著しいこともわかる。

骨材最大粒径を20mmとした混合物 C と基層用材料である混合物 D について、曲げ強度と温度の関係を、

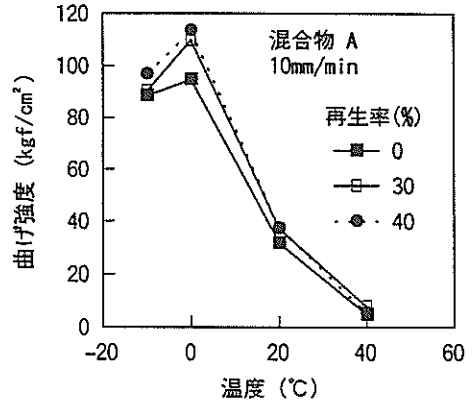


図-7 曲げ強度（混合物 A, 載荷速度 10mm/min）

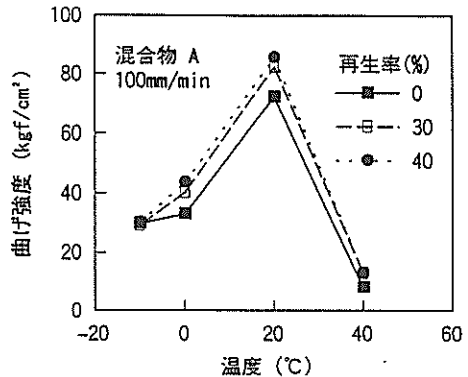


図-8 曲げ強度（混合物 A, 載荷速度 100mm/min）

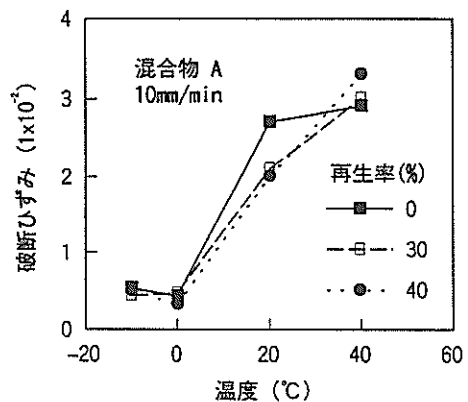


図-9 破断ひずみ（混合物 A, 載荷速度 10mm/min）

それぞれ、図-11、図-12に示した。この場合も、骨材最大粒径が13mmの場合の混合物Aと同様に、再生骨

材を使用することにより曲げ強度が増加することがわかる。

また、破断ひずみについて、同様に図-13、図-14に示した。この場合も、再生骨材を使用することにより破断ひずみが減少することは明らかである。

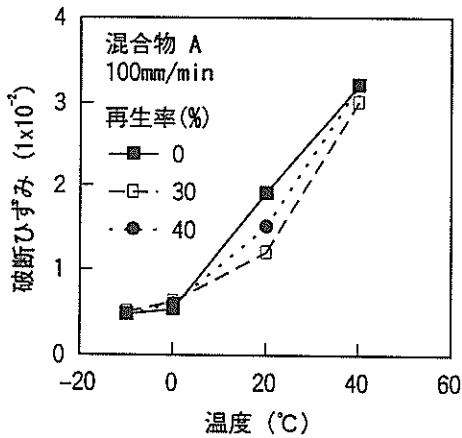


図-10 破断ひずみ (混合物 A, 載荷速度 100mm/min)

(2) 混合物のホイールトラッキング試験

試験結果は表-19に示すとおりである。混合物Aの場合、再生率を30%としたものは通常骨材を使用した

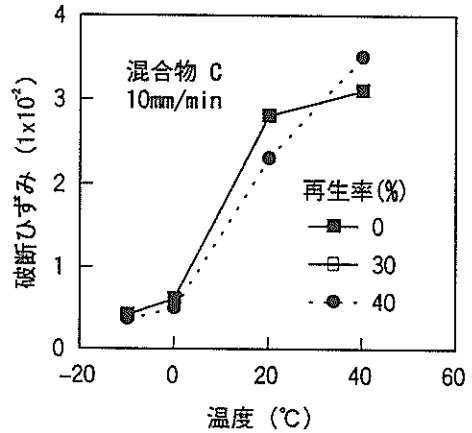


図-13 破断ひずみ (混合物 C, 載荷速度 10mm/min)

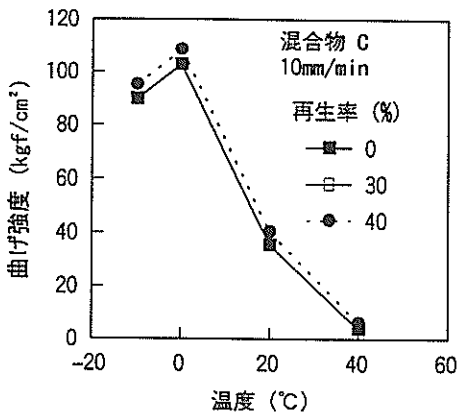


図-11 曲げ強度 (混合物 C, 載荷速度 10mm/min)

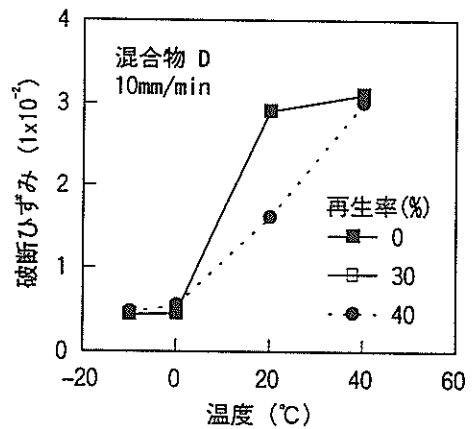


図-14 破断ひずみ (混合物 D, 載荷速度 10mm/min)

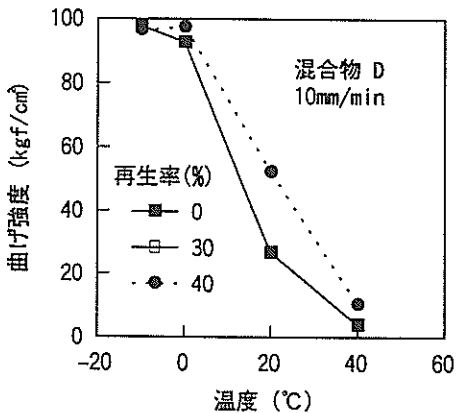


図-12 曲げ強度 (混合物 D, 載荷速度 10mm/min)

表-19 動的安定度

混合物	通常	再生30	再生40
A	760	1,070	1,190
B			700
C	610		970
E			1,720

(単位: 回/mm)

ものに比べて1.4倍、再生率40%のものは1.6倍の値を示しており、再生骨材率の増加とともに、動的安定度が増大する傾向にあることがわかる。これは、配合Cについても同様である。このことから、再生混合物の耐流動性は通常混合物と同等以上であると考えられる。

### (3) 回収アスファルトの性状試験

混合物の老化程度を調べるために、曲げ試験後の供試体からアスファルトを回収してその性状について試験をした。なお、これは表層用材料である材料A（通常と再生率40%）および材料C（再生率40%）の3混合物について実施した。

#### a) 針入度および軟化点

原アスファルトならびに混合物から回収したアスファルトの性状は、表-20に示すとおりである。

混合物A（通常）の針入度は、混合直後は55と原アスファルトの約80%にまで低下している。再生アスファルトについてみれば、混合物A（再生率40%）は86%、同じく混合物C（再生率40%）は84%に低下している。新アスファルトに比較すると、再生アスファルトの針入度の低下程度は若干小さい結果となっているが、これは針入度の高いアスファルトほど混合後の針入度は大きく低下するという一般的な傾向と同じである。

また、軟化点も針入度と同様な傾向を示しているが、針入度の違いによる差は明確ではない。

#### b) 赤外線吸収スペクトルによる分析

アスファルトの劣化程度を化学的に分析するために赤外線吸収率を調べた。各混合物の赤外線吸収率は図-15、図-16、図-17に示すとおりである。通常骨材を使用した混合物Aでは、波数1700 $\text{cm}^{-1}$ におけるピークは、再生混合物（混合物A、C）の場合に比べてゆるやかであることがわかる。

この波数1700 $\text{cm}^{-1}$ における吸収率のピークは、アスファルトの老化程度を表す指標であるカルボニル基の増加程度を示すものである。この部分の吸収率に注目して、

表-20 加熱混合によるアスファルトの品質変化

混合物の種類	針入度 (1/10mm)		軟化点 (°C)	
	原	回収	原	回収
混合物A：通常	70	55	46.0	49.0
混合物A：再生40	50	43	52.0	53.0
混合物C：再生40	50	42	52.0	53.5

アスファルトの酸化による老化程度を定量化できる指標である吸光度\*を表-21にまとめてある。この表からも再生アスファルトの老化程度が著しいことがわかる。

以上から、再生混合物の老化程度は、物理的性状でみると通常混合物に比べてほぼ同程度であると判断される。しかし、化学的性状でみて再生混合物のほうが老化程度の著しいことは、再生骨材中の旧アスファルトが供用中に老化したことを、そして再生用添加剤が老化した旧アスファルトの成分を変えることはできないことを意味している。

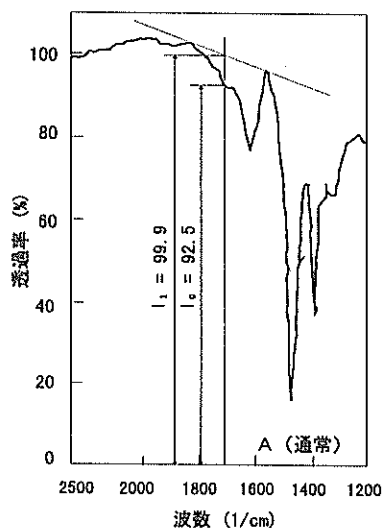


図-15 赤外線吸収スペクトル（混合物A：通常）

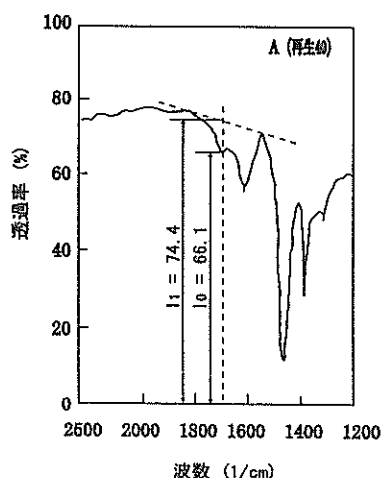


図-16 赤外線吸収スペクトル（混合物A：再生40）

\*  $\log(I_0/I_1)$ で定義される ( $I_0$ ,  $I_1$ は図-15~17中に示す)

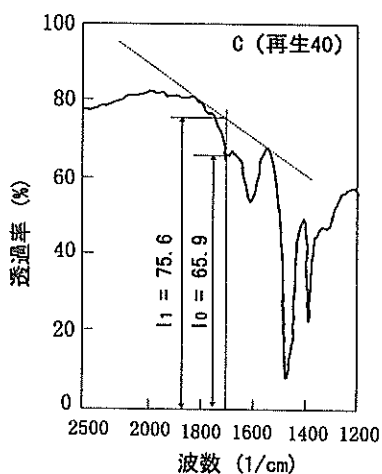


図-17 赤外線吸収スペクトル (混合物C：再生40)

表-21 加熱混合後のアスファルトの吸光度

混合物の種類	吸光度
混合物A：通常	0.033
混合物A：再生40	0.051
混合物C：再生40	0.060

#### 4.3 まとめ

以上に示した試験結果は、次のようにまとめられる。

- 1) 再生混合物の曲げ強度は、再生骨材配合率につれて増加し、破断ひずみは減少するという脆化傾向を呈している。これは老化の進行に伴ってみられる現象と同様のものである。
- 2) 再生混合物の動的安定度は、再生骨材配合率の増加につれて増大する傾向にあり、耐流動性は満足できるものである。
- 3) 製造後の混合物から回収したアスファルトの性状は、物理的性状においては再生混合物と通常混合物の差は明確には表れないが、赤外線吸収スペクトルによる分析結果からは再生混合物において老化現象が顕著にみられた。この現象は、再生骨材中のアスファルトが供用中に受けた老化による影響と考えられる。

以上のことから、再生骨材配合率を30%、40%とした再生加熱アスファルト混合物の空港舗装への適用性については次のようにまとめられる。

- 1) 再生混合物は、基層ならびに上層路盤に対して基本的に使用可能である。その場合の配合は、通常混合物と同様のマーシャル試験による方法によってよ

い。

- 2) 再生混合物は、表層に用いると供用後の老化の進行に伴う脆化傾向が著しくなることが懸念されるため、その適用は難しい。

#### 5. 結論

再生骨材使用率を30%、40%とした場合の、再生加熱アスファルト混合物に関する一連の室内試験結果を総括して、空港舗装への適用方針をまとめると、次のようになる。

- (1) 再生混合物の強度、耐剥離性、耐流動性については、通常混合物と同等のものが得られるものの、脆化傾向も顕著にみられる。
- (2) 再生混合物から回収したアスファルトの物理的性状は、通常混合物のものと同等であるが、老化に起因する成分変化も顕著である。
- (3) 再生混合物は、基本的には空港舗装の基層・上層路盤として使用可能であるが、表層については老化の進行が懸念されるため、その適用は難しい。

#### 6. おわりに

以上のように、再生混合物は通常混合物と同等もしくはそれ以上の構造的価値を有するとみなせるものの、顕著な老化傾向もまた認められた。

そのため、本文中に記したとおり、再生混合物は空港舗装の基層ならびに上層路盤には適用できるとし、表層への適用については問題があるとした。しかし、これは今回実施した室内試験の結果のみに基づくものであるため、あくまで暫定的なものと考えべきである。今後は、自然環境下での老化性状の長期観測を継続するとともに、老化の進行抑制を図るための配合設計法<sup>6)</sup>についても検討する必要がある。そして、試験施工による検証を行って、最終的な方向づけをしなければならないと考えている。

(1995年3月29日受付)

#### 参考文献

- 1) (株)日本道路協会：プラント再生舗装技術指針，84p.，1992.
- 2) 佐藤勝久，福手 勤，佐藤峰夫：アスファルトコンクリート再利用のための基礎的実験，港湾技研資料，No.280，10p.，1977.

- 3) 八谷好高, 工藤隆志, 塩見雅樹・万波一郎:再生材・高強度石灰安定処理材の空港舗装への適用性, 港湾技研資料, No.804, 1995.
- 4) 中村俊行, 久保和幸, 木村 慎:プラント再生舗装の現状と課題について, アスファルト, 第38巻, 第184号, pp.4-8, 1995.
- 5) 中村俊行:道路建設における再生資源の有効利用, 第7道路技術シンポジウム, pp.19-54, 1992.
- 6) 吉兼 享:再々生への取組み, アスファルト, 第38巻, 第184号, pp.29-36, 1995.



港湾技研資料 No.836

1996. 6

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所

印刷所 阿部写真印刷株式会社

Edited by the Port and Harbour Research Institute  
Nagase, Yokosuka, Japan

Copyright ©(1996)by P.H.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.H.R.I

この資料は、港湾技術研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本資料の全部又は一部の転載、複写は、港湾技術研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。