

# 排水性アスファルト混合物の再生利用技術に関する検討

向後憲一<sup>1</sup>・加藤義輝<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 正会員 日本舗道株式会社 技術研究所 (〒140-0002 東京都品川区東品川3-32-34)

<sup>2</sup> 非会員 同上

通常の再生骨材は、劣化の程度を回収アスファルトの針入度により評価し、再生利用の可否を判定する。一方、排水性舗装発生材から回収した高粘度改質アスファルトは、抽出回収操作の過程で性状が変化するため、回収アスファルトの性状により劣化の程度を正しく評価することは難しい。

本検討では、排水性舗装発生材の劣化の程度をカンタブロ試験により混合物の状態の評価し、再生利用の可否の判定および再生添加剤量の決定を行う方法を提案した。さらに、その方法で配合を定めた排水性混合物が新規混合物と同等の性状および耐久性を有することを確認した。

*Key Words : porous asphalt mixture, recycling, mix design, Cantabro test*

## 1. まえがき

排水性アスファルト舗装(以下、排水性舗装)は、初期には雨天時の視認性の改善による安全性の確保を目的として、また近年では車両走行騒音の低減による沿道環境の保全・改善を目的として普及してきた。排水性舗装の舗装量は、1995年頃から急速に増加し、1999年度には高粘度改質アスファルトの出荷量(9.36万t/年)<sup>1)</sup>からの推定で、2千万m<sup>2</sup>/年程度にまで達している。

一方、初期の排水性舗装は、すでに供用5年以上を経過し、早晚打ち換えの時期をむかえるものも多く、排水性舗装の舗装発生材(以下、排水性舗装発生材)の再生利用技術に関する早期の開発が望まれる。なお、本検討における「排水性舗装発生材の再生利用」とは、排水性舗装発生材を排水性舗装用の混合物に再生利用することであり、排水性舗装発生材を一般の混合物に再生利用することは含めない。

排水性舗装発生材の再生利用において、まず初めに解決すべき課題は、劣化した高粘度改質アスファルトの再生方法や排水性舗装発生材の利用の可否を判定するための劣化程度の評価方法などがあり、既報<sup>2)</sup>ではそれらの基礎的な検討を行い、カンタブロ試験により排水性混合物の劣化程度が評価できるこ

と、試製した再生添加剤により排水性舗装発生材の再生が可能であることなどを確認した。

本検討では、カンタブロ試験による排水性舗装発生材の再生利用の可否を再生骨材配合率も含めて判定する方法および再生添加剤の添加量の決定方法など、排水性舗装用の再生混合物(以下、再生排水性混合物)の配合設計方法を提案した。

## 2. 再生骨材の劣化程度の評価

### (1) バインダー性状による劣化程度の評価

一般の再生骨材は、劣化の程度を回収アスファルトの性状(針入度)により評価し、再生利用の可否を判定している。「プラント再生舗装技術指針」では、再生骨材の品質として旧アスファルトの針入度を20以上と定めており<sup>3)</sup>、また旧アスファルトを再生添加剤等により再生する際の目標値も針入度(設計針入度)を指標としている。これは、再生骨材中の旧アスファルトが主としてストレートアスファルトであるため、その劣化の程度が概ね針入度の大小で評価できること、同程度の針入度レベルに再生(回復)したアスファルトはその他の性状もほぼ同等のレベルに再生されているとみなせることなどによると考えられる。

表 - 1 排水性舗装発生材の回収アスファルトの性状

項目	実路試料		ブランクテスト			
			アスファルト A		アスファルト B	
	建設時	回収(供用6年)	回収前	回収後	回収前	回収後
針入度 1/10mm	42	17	60	56	50	42
軟化点	92.5	76.0	81.5	75.0	89.5	86.0

一方、排水性舗装発生材中の旧アスファルトは高粘度改質アスファルトであるため、針入度が必ずしも劣化の程度を代表する指標とは言えない（針入度が回復しても他の性状が回復しているとは限らない）。したがって、排水性舗装発生材中の旧アスファルトの劣化程度をバインダー性状で評価するためには、針入度に替わる新たな評価指標が必要となると考えられる。

次に、表 - 1は実路（中央自動車道、大月～上野原間、6年間供用）から採取した排水性舗装発生材の回収アスファルト性状である。一般に劣化したアスファルトは針入度が低下し、軟化点が上昇するが、ここでは針入度（42 17）、軟化点（92.5 76.0）とも建設時の性状と比べ低下している。また、表 - 1に併記した高粘度改質アスファルトは、ブランクテストにおいても針入度、軟化点とも低下する傾向が認められる。これらは既往の結果<sup>4)</sup>ともほぼ同様の傾向であり、アブソン抽出・回収操作の過程で高粘度改質アスファルト中のポリマーの分散状態が変化するためか、バインダーの性状が変化すると考えられる。したがって、回収アスファルトの性状から旧アスファルトの性状を正しく把握することは困難である。

以上のことから、排水性舗装発生材の劣化の程度を回収アスファルトの性状から正しく評価するためには、以下の検討が必要となる。

抽出・回収方法の改善、またはその代替方法の開発。

劣化の程度を評価する新たな指標の設定の検討。

(2) 混合物性状による劣化程度の評価

排水性舗装発生材の劣化程度をバインダー性状により評価することは、溶剤の制約や装置の改良等を組み合わせて検討する必要があり、現状では困難であると考え、本検討では混合物性状により劣化の程度を評価することとした。

実路から採取した再生骨材（以下、実路再生骨材）および室内で作製した劣化程度異なる擬似再生骨材（以下、室内劣化再生骨材）を用いて、再生排水性混合物を作製し、カンタブロ試験を行った。

実路再生骨材は、前述の排水性舗装発生材（切削

表 - 2 再生骨材の性状

項目	実路再生骨材		室内劣化再生骨材
	13～5mm	5～0mm	
粒 度	19.0mm		100
	13.2	100	97.6
	9.5	93.7	67.5
	4.75	22.7	22.1
	2.36	16.0	14.5
	600μm	12.4	9.1
	300	11.1	7.2
% アスファルト量	150	8.9	6.0
	75	7.1	4.7
		3.8	4.9

表 - 3 再生排水性混合物の配合および粒度

項目	再生混合物(実路)			再生混合物(室内劣化)			新規混合物	
	R30%	R50%	R70%	R30%	R50%	R70%		
配合	6号砕石	65.0	50.0	30.0	58.8	42.0	25.3	84.0
	粗砂	3.0			7.7	5.5	3.3	11.0
	石粉	2.0			3.5	2.5	1.5	5.0
	実路 13-5	21.0	38.0	64.0				
% アスファルト量	実路 5-0	9.0	12.0	6.0				
	室内劣化				30.0	50.0	70.0	
		4.9						
粒 度	19.0mm	100	100	100	100		100	
	13.2	98.2	98.6	99.2	97.6		97.6	
	9.5	73.5	78.3	84.4	67.5		67.5	
	4.75	22.9	23.4	22.3	22.1		22.1	
	2.36	14.2	14.4	14.4	14.5		14.5	
	600μm	9.2	9.3	10.3	9.1		9.1	
	300	7.6	7.8	8.9	7.2		7.2	
% アスファルト量	150	6.1	6.0	7.0	6.0		6.0	
	75	4.8	5.1	5.6	4.7		4.7	

<sup>\*)</sup>室内劣化再生骨材に使用したアスファルトは新アスファルトと同一のものとした

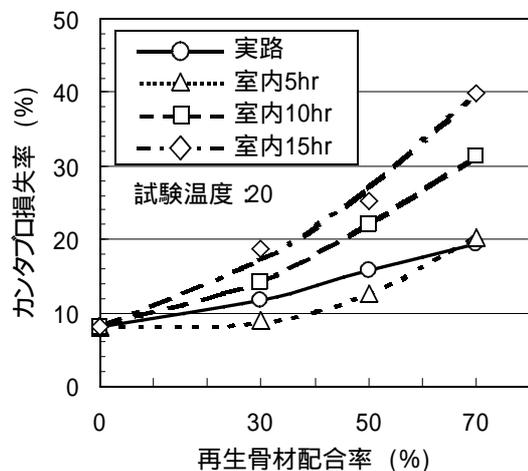


図 - 1 再生排水性混合物のカンタブロ損失率

材)を再生アスファルト混合所で再生骨材の製造装置により破碎した後、13～5mmと5～0mmの2種に分級したものである。また、室内劣化再生骨材は、室内で作製した排水性混合物(新規)を厚さ3cm程度に敷き広げ、180℃の恒温炉中で5hr、10hr、15hr強制的に劣化させたものである。各再生骨材の性状を表-2に示す。

カンタブロ試験に使用した混合物の配合および粒度は表-3に示すとおりであり、再生骨材の劣化程度以外の条件を同一とするため、再生排水性混合物の粒度およびアスファルト量は新規混合物と同等となるよう配合を定めた。なお、混合物の製造条件は、新規混合物、再生混合物とも同一とした(混合温度:180℃、締固め温度:160℃)。

カンタブロ試験結果は図-1に示すとおりである。カンタブロ損失率は再生骨材配合率の増加に伴って大となり、劣化の進んだ再生骨材を用いた混合物ほどカンタブロ損失率は大きくなる。これは、劣化した再生骨材が多く混入した混合物ほど、骨材間の結合

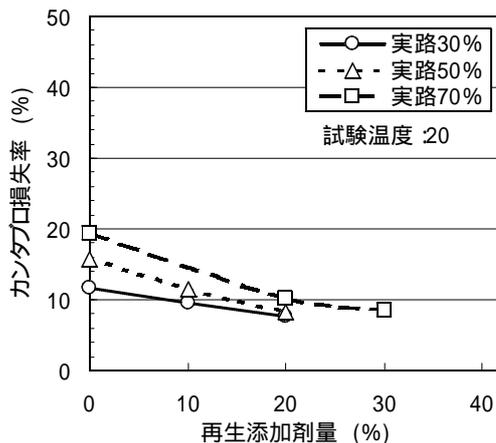
力<sup>5)</sup>が脆弱になるためと考えられる。そこで、本検討では混合物とした状態でカンタブロ試験を行うことにより、再生骨材の利用の可否を判定することとした。

表-4 再生添加剤の性状

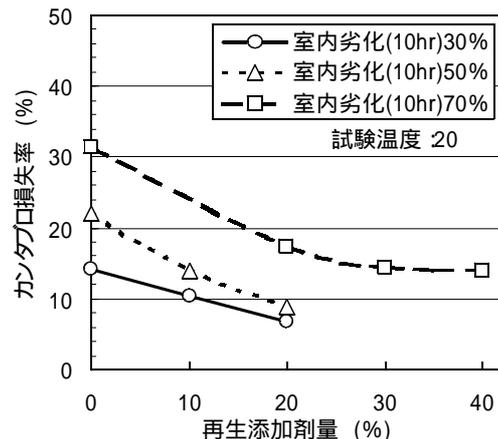
項目	試験値
60 粘度 Pa s	52.9
引火点	260
密度 g/cm <sup>3</sup>	0.945
種別	オイル+熱可塑性樹脂

### 3. 再生排水性混合物の配合設計方法

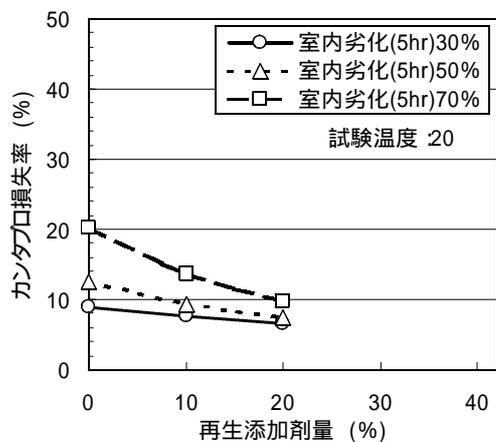
表-3の再生排水性混合物に排水性舗装用の再生添加剤(表-4)を加え、カンタブロ試験を行った結果は、図-2に示すとおりである。再生添加剤の添加によりカンタブロ損失率は低下し、一部の混合物(劣化の進んだ再生骨材を多量に使用した再生排水性混合物)を除いて新規混合物と同等のレベルに



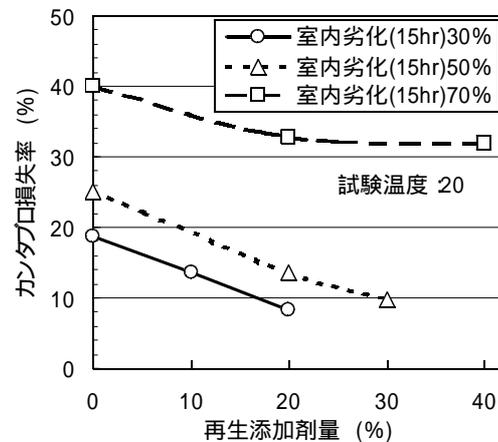
【再生排水性混合物，実路】



【再生排水性混合物，室内劣化 10hr】



【再生排水性混合物，室内劣化 5hr】



【再生排水性混合物，室内劣化 15hr】

図-2 再生排水性混合物のカンタブロ損失量

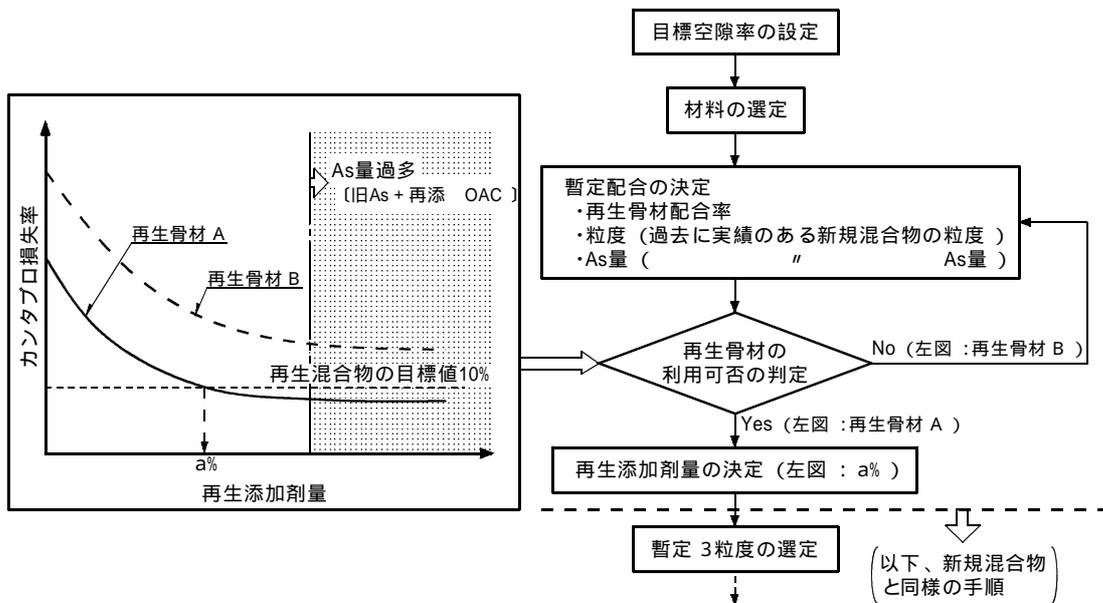


図 - 3 再生排水性混合物の配合設計方法

再生することができる。したがって、再生後のカンタブロ損失率の目標値（ここでは新規混合物と同等の 10 % を目標とした）を定めれば、再生添加剤を用いることにより再生骨材の利用の可否と再生骨材配合率を判定することができる。

例えば、実路再生骨材および室内劣化再生骨材（5hr）は、この再生添加剤を使用することにより再生骨材配合率 70 % 以下の全ての配合でカンタブロ損失率が 10 % 以下となることから、これらの再生骨材配合率で再生利用することができる。なお、室内劣化再生骨材（5hr）を再生骨材配合率 30 % で再生利用する場合は、再生添加剤を添加せずに使用することもできる。また、室内劣化再生骨材（10hr および 15hr）は、再生骨材配合率 50 % 以下では再生添加剤の使用によりカンタブロ損失率が 10 % 以下となるが、再生骨材配合率 70 % では、再生添加剤の添加量を増してもカンタブロ損失率が 10 % 以下にならず、この配合では再生利用することができない。

したがって、この方法によれば、再生骨材の利用の可否は、再生骨材の性状のみで判定せず、再生骨材配合率や使用する再生添加剤の性能を含めて判断することとなる。

本検討の結果、再生排水性混合物の配合設計の手順を以下のとおり提案できる（図 - 3）。

目標とする空隙率が得られる新規混合物の粒度およびアスファルト量を参考に、設定した再生骨材配合率で再生排水性混合物の暫定配合を定める。

再生添加剤を添加した再生排水性混合物を作製

し、カンタブロ試験を行う。再生添加剤量は、上限の添加量（[旧アスファルト量 + 再生添加剤量 = 最適アスファルト量] となる再生添加剤量）以下の範囲で無添加を含め任意に 3 ~ 4 点定める。

カンタブロ損失率が目標値（ここでは 10 % とした）以下となる場合（図中の再生骨材 A）、この骨材は設定した再生骨材配合率で利用可能と判断する。また、カンタブロ損失率が 10 % となる再生添加剤量（図中の a %）を適正な添加量とし、

表 - 5 再生排水性混合物の性状

項目	再生混合物 (実路)		新規混合物	
	R50%	R70%		
配合 %	6号碎石	50.0	30.0	84.0
	粗砂			11.0
	石粉			5.0
	実路 13-5	39.9	64.0	
	実路 5-0	10.1	6.0	
アスファルト量 %	5.0	5.0	4.9	
内訳 %	旧アスファルト	2.21	2.51	
	再生添加剤	0.32	0.52	
	新アスファルト	2.47	1.97	4.90
粒度 %	19.0mm	100	100	100
	13.2	98.6	99.2	97.6
	9.5	78.1	84.2	67.5
	4.75	22.1	20.0	22.1
	2.36	13.4	12.6	14.5
	75μm	4.5	5.2	4.7
密度 g/cm <sup>3</sup>	1.980	1.981	1.999	
空隙率 %	20.4	20.4	19.8	
マージナル安定度 KN	7.2	6.0	7.3	
刀口値 1/100cm	35.0	34.0	35.0	
残留安定度 %	91.7	95.0	94.4	
カンタブロ損失率 (20) %	9.1	9.3	8.2	
透水係数 cm/sec	19.5 × 10 <sup>-2</sup>	22.0 × 10 <sup>-2</sup>	18.3 × 10 <sup>-2</sup>	
動的安定度 回/mm	9,000	10,000	8,800	

以下、新規混合物と同様の方法で配合設計を行う。

再生添加剤を上限の添加量まで添加してもコンタプロ損失率が 10 %以下とならない場合（図中の再生骨材 B）、その再生骨材は設定した再生骨材配合率では使用することができないと判断し、再生骨材配合率を低減した上で、再度利用の可否を検討する。

#### 4．再生排水性混合物の性状

実路再生骨材を用いて、上述の方法により配合を定めた再生排水性混合物の性状は表 - 5に示すとおりである。再生骨材配合率を 50 %および 70 %とした再生排水性混合物は、新規混合物とほぼ同等の性状であり、本検討の方法により適正な配合が得られたものとみなせる。また、再生排水性混合物の最適アスファルト量が新規混合物のものとほぼ同等であることを勘案すれば、再生添加剤の役割は、通常の再生利用における再生添加剤の場合と同等とみなせる。

なお、再生骨材配合率が 70 %の混合物は、空隙率 20 %は確保しているものの、路面切削機による切削時に骨材が細粒化する影響で再生排水性混合物の 9.5mm 通過量が多く、舗装表面の肌理がやや緻密となる傾向がある（写真 - 1）。

#### 5．再生排水性混合物の耐久性

実路再生骨材（13 ~ 5mm のみ）を用いた再生骨材配合率 50 %の再生排水性混合物および新規混合物について、JH 試験研究所の回転式舗装試験機（シミュレータ）により耐久性試験を実施した。試験条件を以下に示す。

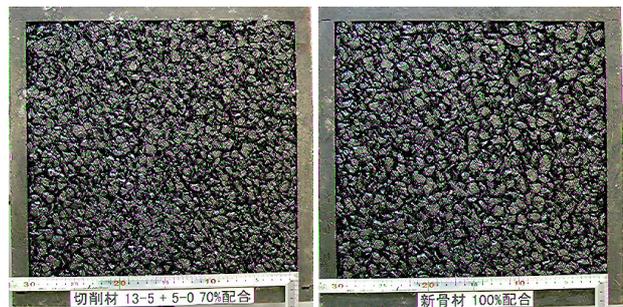
##### [ 耐流動性試験 ]

- ・タイヤ : ノーマルタイヤ（ダブル）
- ・輪荷重 : 49KN
- ・走行速度 : 80km/hr
- ・試験温度 : 20 および 50

##### [ 耐摩耗性試験 ]

- ・タイヤ : チェーンタイヤ（シングル）
- ・輪荷重 : 24.5KN
- ・走行速度 : 40km/hr
- ・試験温度 : 0

試験の結果は表 - 6および図 - 4~ 5に示すとおりである。再生排水性混合物の耐流動性および耐摩耗性は新規混合物とほぼ同等である。また、耐久性試験後の透水性やすべり抵抗性などの路面性状も新



【再生混合物 R70%】

【新規混合物】

写真-1 再生排水性混合物の肌理

表-6 耐久性試験用供試体の性状

項目		再生混合物	新規混合物
密度	g/cm <sup>3</sup>	1.951	1.946
空隙率	%	試験前 21.7	22.0
締固め度	%	97.8	97.6
現場透水量	ml/15sec	試験前 1340	1340
		試験後 1130	1000
すべり抵抗値	DFxスタ (μ80)	試験前 0.55	0.56
		試験後 0.52	0.55

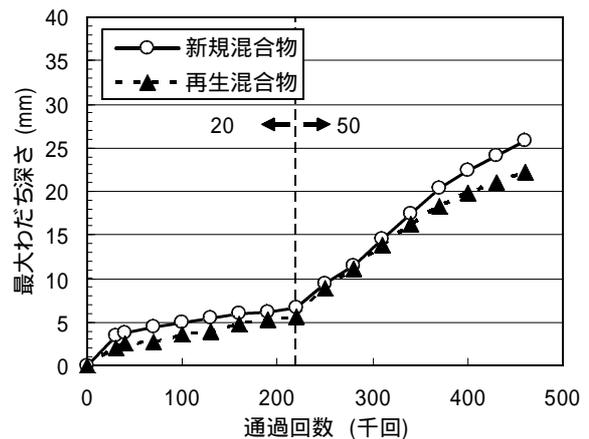


図-4 耐久性試験結果（耐流動性）

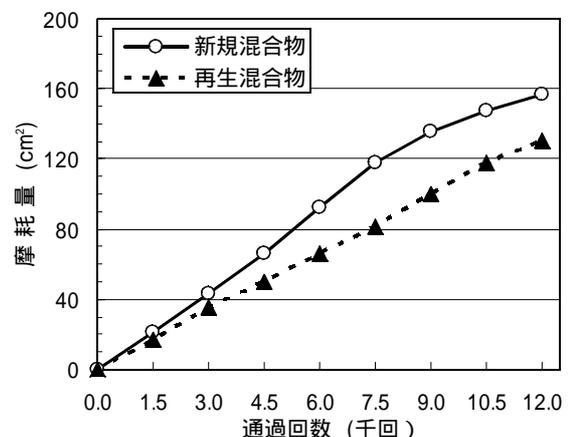


図-5 耐久性試験結果（耐摩耗性）

規混合物とほぼ同等であるとみなせる。

## 6. まとめ

排水性混合物の再生利用技術の確立を目的として、初めに排水性舗装発生材を用いた再生排水性混合物の配合設計方法とその混合物の評価について検討した。本検討で得られた知見は以下のとおりである。

排水性舗装発生材を使用した再生排水性混合物の再生（回復）の程度は、カンタブロ試験により評価することができるものとみなせる。

したがって、再生後のカンタブロ損失率の目標値（本検討では新規混合物と同レベルの 10 % を目標とした）を定めることにより、排水性舗装発生材の再生利用の可否の判定と利用割合を再生添加剤の添加量の決定と併せて行うことができる。

排水性舗装発生材の再生利用の可否と割合を、使用する再生添加剤の性能を含めて判定する再生排水性混合物の配合設計方法を提案した。

実路再生骨材を用いて、本検討の方法により配合を定めた再生排水性混合物の性状は、新規混合物とほぼ同等である。

また、JH試験研究所の回転舗装試験機による耐久性試験においても、再生排水性混合物の耐流動性および耐摩耗性は、新規混合物とほぼ同等である。

本検討の方法により適正な配合が得られたものとみなせ、その最適アスファルト量も新規混合物のものと同様であるため、再生添加剤の役割は通常の再生利用での再生添加剤の場合と同様とみなせた。

## 7. あとがき

本検討では、排水性舗装発生材の再生利用の可否の判定ならびに再生添加剤の添加量の決定をカンタブロ試験により混合物の状態で評価した。この方法により配合を定めた再生排水性混合物は、新規混合物とほぼ同等の性状および耐久性を有することから、この方法は再生排水性混合物の配合設計方法として概ね実用可能なものであると考えている。

今後は、実路での試験施工により再生排水性混合物の供用性を確認することとしている。さらに、通常の再生骨材を用いた再生排水性混合物についても、再生添加剤の役割と効果や配合設計方法の適用性などを検討したい。

なお、本報はJH試験研究所との共同研究結果の一部をとり纏めたものである。

### 参考文献

- 1) 日本改質アスファルト協会：改質アスファルト，No15，2000．
- 2) 秋葉國造，向後憲一：排水性舗装発生材リサイクルングの検討，土木学会第 54 回年次学術講演会，pp.36-37，1999．
- 3) (社)日本道路協会：プラント再生舗装技術指針，1992．
- 4) 寺田剛，焼山明生，明嵐政司：改質アスファルトの回収における性状変化，土木学会第 55 回年次学術講演会，pp.126-127，2000．
- 5) 笠原彰彦：排水性舗装用混合物の配合設計手法の検討ならびに施工における問題点，舗装，pp14-22，1992.8

## A STUDY OF TECHNIQUES FOR THE USE OF RECYCLED POROUS ASPHALT MIXTURES

Kenichi KOUGO and Yoshiteru KATO

Decision on the use of recycled aggregates depends on the aging measured by penetration of the recovered asphalt. However, it is difficult to make correct evaluation of aging of asphalt recovered from waste porous pavement materials because properties of high viscosity modified asphalt change during extraction/recovery process. In this research, a method on the use of Cantabro test to measure aging of waste porous pavement mixture to determine the usability as well as amount of rejuvenator is presented. Furthermore, properties and durability of porous pavement mixtures prepared using materials obtained by this method and virgin materials were well compared.