

アスファルトモルタルによる 再生ポーラスアスファルトの配合設計

新田弘之¹・西崎到²

¹正会員 工修 独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ（〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6）

E-mail : hnitta@pwri.go.jp

²正会員 博(工) 独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ（〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6）

再生ポーラスアスファルト混合物の配合設計法はいくつか提案されており、カンタブロ試験で行うものや抽出回収によるものがあるが、それぞれ課題がありまだ確立していないのが現状である。本研究では、抽出回収せずに様々な性状を評価して配合できる方法として、アスファルトモルタルの性状から添加剤等の量を求める配合設計法の検討を行った。その結果、アスファルトモルタルの性状はアスファルトの性状に関係が深く、様々な温度域でアスファルトと同じ試験が可能であることが分かり、再生アスファルトモルタルを使用して配合設計を行うことにより、供用中の温度域での性状だけでなく、施工時の温度域での性状も考慮できる上に、比較的労力が小さくなることなどが分かった。

Key Words : Asphalt mortar, Recycled porous asphalt, Mix design method, Modifier, Rejuvenator

1. はじめに

ポーラスアスファルト舗装は、騒音低減効果や雨天時の走行安全性の向上効果を有することから、わが国では平成10年頃から本格的に施工されるようになり、施工ストックは年々増加している。初期に施工されたポーラスアスファルト舗装は、更新の時期を迎えており、今後更新されるものは増加していく傾向にあると予想される。このため、ポーラスアスファルト舗装の再生利用法の確立が求められているが、世界的にはまだ検討事例¹⁾が少なく、国内の情報²⁾³⁾⁴⁾が中心である。再生利用の一つに再生ポーラスアスファルト混合物への利用があり、これまでもその配合設計法は、いくつか提案されている。カンタブロ試験による配合設計法では、ポーラスアスファルト混合物には高い性能が求められるのにもかかわらず、混合物性状の一面しか捉えられていない可能性があり、また抽出回収によるものでは、抽出回収後の改質アスファルトの性状に課題があるとともに、抽出回収には溶剤を必要とし、環境への影響もあることなどから、まだ最適化されていないのが現状である⁵⁾。

筆者らは、これまでに幅広い温度域を考慮して配合設計が行える方法として圧裂試験による方法を提案している⁵⁾。しかし、混合物試験で添加剤等の量を決定することは、多くの材料と時間を要し、効率的ではない面がある。

そこで、本稿では、抽出回収操作がなく、少量のサンプルで試験が行えるため、配合設計の労力も軽減でき、様々な温度域で試験が行える配合設計法として、再生アスファルトモルタル（以下、アスモル）を用いて、添加剤等の量を求める配合設計法の検討を行った結果について報告する。

2. 検討方法

(1) 検討手順

検討は、以下の手順で行った。

- ① アスファルト性状とアスモル性状の關係の把握
- ② カンタブロ試験による再生ポーラスアスファルトの配合設計
- ③ アスモルによる再生ポーラスアスファルトの配合設計
- ④ ②と③の比較検討

(2) 使用材料

使用した材料の一覧を表-1に、使用した骨材、アスファルト、再生用添加剤、改質材の性状を表-2～5に示す。再生骨材は2種類使用し、一つは排水性舗装の切削材を13・5mmに分級した再生骨材（再生骨材A）、もう一つはストレートアスファルトを用いた一般的な舗装の切削材を13・5mmに分級した再生骨材（再生骨材B）とした。

表-1 使用材料

材料名	材質
6号砕石	硬質砂岩
再生骨材A	排水性舗装切削材
再生骨材B	StAs舗装切削材
細目砂	川砂
石粉	石灰岩
アスファルト	ポリマー改質アスファルトH型
再生用添加剤	オイルタイプ
改質材	ポリマー改質アスファルトH型用改質材

表-2 骨材性状

項 目	6号砕石	再生骨材A※1	再生骨材B※2	細目砂	石粉
通過質量百分率 %	19mm	100.0	100.0	100.0	
	13.2mm	96.1	98.5	96.1	
	9.5mm	56.2	75.4	77.3	
	4.75mm	0.1	21.2	29.5	100.0
	2.36mm		18.1	21.0	99.5
	1.18mm		14.8	18.4	98.6
	0.6mm		12.0	13.5	51.0
	0.3mm		8.9	9.8	48.1
	0.15mm		6.1	5.5	5.4
	0.075mm		3.6	3.4	0.4
密度	表乾	2.658	2.504	2.571	2.618
	かさ	2.641	—	—	2.556
	見掛	2.688	—	—	2.725
吸水量%	1.16	—	—	—	2.43
すりへり減量%	10.6	—	—	—	—
安定性%	0.8	—	—	—	—
細長偏平含有量%	2.4	—	—	—	—
軟石量%	3.0	—	—	—	—
アスファルト量%	—	4.23	3.50	—	—

※1 排水性舗装の切削材を13-5mmに分類した再生骨材

※2 StAs舗装の切削材を13-5mmに分類した再生骨材

表-3 ポリマー改質アスファルトH型の性状

項 目	試験値
針入度	1/10mm 66
軟化点	℃ 95
伸度	15℃ cm 97
	4℃ cm 27
密度 (15℃)	g/cm ³ 1.024
薄膜加熱質量変化率	% 0.01
薄膜加熱質量針入度残留率	% 83.3
タフネス	N・m 24.1
デナシティ	N・m 21.6
動粘度	180℃ cSt 366
	160℃ cSt 806
	140℃ cSt 2921
60℃粘度	Pa・s 9.73
引火点	℃ 328

表-4 再生用添加剤の性状

項 目	試験値
動粘度(60℃)	cSt 504
密度(15℃)	g/cm ³ 0.951
薄膜加熱後の粘度比	% 1.1
薄膜加熱質量変化	% -0.07
引火点	℃ 328

再生用添加剤は市販されているオイルタイプのものを用いた。また、改質材はポリマー改質アスファルトH型用改質材として市販されているものを用いた。

表-5 改質材の性状

主成分	SBSブロック共重合体	
外観	エマルジョン	
全固形分	%	50
pH		10
エマルジョン密度	g/cm ³	0.98
固形分密度	g/cm ³	0.96

表-6 アスファルト及びアスファルトモルタルの試験項目と試験条件

	アスファルト	アスファルトモルタル	備考
ダイナミック・シア・レオメータ試験 (DSR)	温度	60℃	60℃
	周波数	0.1-100rad/s	0.1-100rad/s
	半径	25mm	25mm
二重円筒回転粘度試験 (RV)	ギャップ	1mm	2mm
	温度	165, 170, 175℃	170℃
	回転数	1~50rpm	1~50rpm
ペンディング・ビーム・レオメータ試験 (BBR)	温度	-20℃	-20℃

表-7 アスファルト混合物の試験項目と試験条件

	試験条件	備考
カンタプロ試験	20℃, -20℃	舗装調査・試験法便覧B010による
ホイールトラッキング試験	60℃	舗装調査・試験法便覧B003による
圧裂試験	20℃, 60℃	舗装調査・試験法便覧B006による
ねじり骨材飛散試験	50℃	舗装性能評価法別冊「ねじり骨材飛散値を求めるための骨材飛散試験機による測定方法」による

(3) 試験方法

a) アスファルトおよびアスファルトモルタル試験

「舗装調査・試験法便覧」((社)日本道路協会)には、アスモルの標準的な試験方法はなく、アスモルの試験を行う場合は、新たな試験を考案するか、他の材料試験を参考にして行う必要があった。そこで、アスモルはアスファルト含有率が高く、アスファルトの性質が顕著に現れることから、アスファルトの試験を参考にアスモルの試験を行うことにした。また、アスファルトとの性状比較を容易に行うために、アスファルトの試験をアスモルと同じ項目について行った。表-6 にアスファルトとアスモルの試験項目を示す。

b) アスファルト混合物試験

アスファルト混合物性状の評価は、表-7 の試験により行った。なお、この他、配合設計のために、マーシャル試験やダレ試験も行った。

(4) 配合設計方法

a) カンタプロ試験による配合設計

カンタプロ試験による配合設計 (以下、カンタプロ法) は、「舗装再生便覧」((社)日本道路協会) の付録-5「参考資料：再生排水性舗装用混合物の配合設計方法の例」の中にある「プラント再生工法」の配合設計方法を参考に

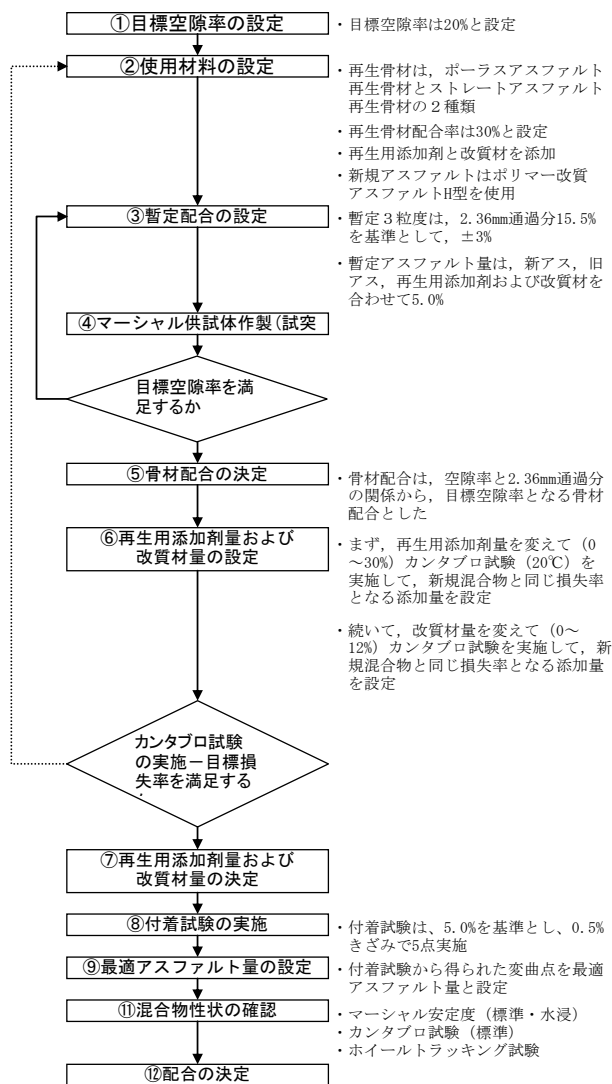


図-1 配合設計のフロー

行った。配合設計のフローを図-1に示す。今回は再生用添加剤と改質材を別々に添加したため、まず再生用添加剤量を変化させてカンタブロ試験を行い、再生用添加剤量を決定した後、改質材を追加して改質材量を決定した。なお、本論文では、再生用添加剤量は再生骨材中に含まれるアスファルト(以下、旧アスファルト)に対する%で表示し、改質材量は旧アスファルト+新アスファルト+再生用添加剤に対する%で表示した。

b) アスファルトモルタルによる配合設計

アスモルによる配合設計(以下、アスモル法)は、再生用添加剤量および改質材量の決定の部分だけをアスモル試験の結果から判断することにした。すなわち、図-1の⑥～⑦をカンタブロ試験の結果から決定するのではなく、アスモル試験の結果から決定することにした。

アスモル試験は、アスファルト試験を流用するとし、まずバージン材でのアスモル試験を行い、続いて再生アスモルを添加剤等の量を変化させて作製し試験を行った。

再生アスモルの目標性状は、バージン材での性状とした。なお、本研究においては、DSR等のアスファルト用の試験でアスモルの性状測定を行うことから、骨材粒径が大ききものは測定できないため、アスモルが1.18mm通過分の骨材およびアスファルトからなるとして、これを用いて各種の試験を行った。

3. アスファルト性状とアスファルトモルタル性状

の関係の把握

(1) 概要

アスモルの性状を把握することで、ある程度アスファルト性状を評価できるかどうかを確認するために、アスファルト性状とアスモル性状の関係を把握した。

試験は全てバージン材を用い、アスファルトにはポリマー改質アスファルトⅡ、H型を数種類用いた。試験項目は、DSR、BBR、RVを行った。なお、アスモルは混合物の1.18mm通過分としたので、配合は混合物の配合表より1.18mm通過分の細骨材、石粉、アスファルトの量を求め、全体が100%になるようにして求めた。具体的には、アスモルは1.18mm通過分の細目砂を49.26%、石粉25.00%、アスファルト25.74%を混合して作製した。

(2) アスファルト性状とアスファルトモルタル性状の比較

アスファルト性状とアスモル性状の比較したものを図-2, 3, 4に示す。図-2では、60℃におけるDSRの性状を比較しているが、高温域においてアスファルトの性状とアスモルの性状は高い相関性を示している。図-3では、-20℃におけるBBRの性状を比較しているが、低温域においても高い相関性を示している。図-4では、170℃におけるRVの性状を比較しているが、アスファルト混合物の製造・施工温度域についても高い相関性を示している。

以上より、広い温度域にわたってアスファルトとアスモルの性状にはいずれも R^2 が0.9以上を示す高い相関性が認められ、アスモルの性状を把握することによって、アスファルトの性状が把握できる可能性が示された。

再生混合物を配合するとき、アスファルトの性状回復を図るが、アスモル性状の把握によりアスファルト性状の把握が行えることが分かったことにより、アスファルトの性状回復をアスモル試験の結果を目安に行うことができる可能性が示された。

4. カンタブロ試験による再生ポーラスアスファルト

の配合設計

(1) 概要

現在提案されている再生ポーラスアスファルトの配合

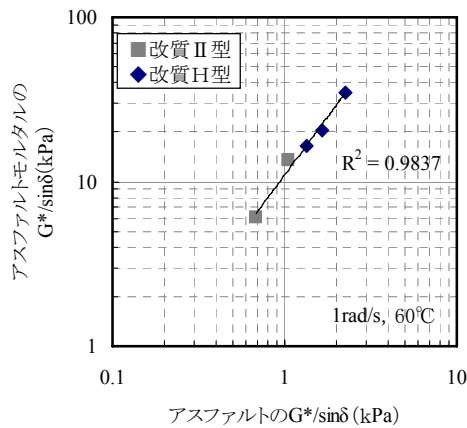


図-2 アスファルト性状とアスファルトモルタル性状の関係 (DSR)

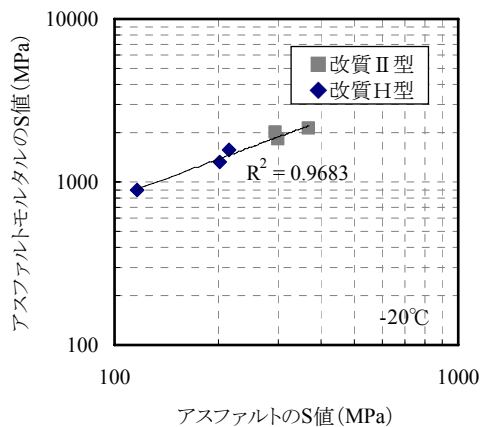


図-3 アスファルトとアスファルトモルタル性状の関係 (BBR)

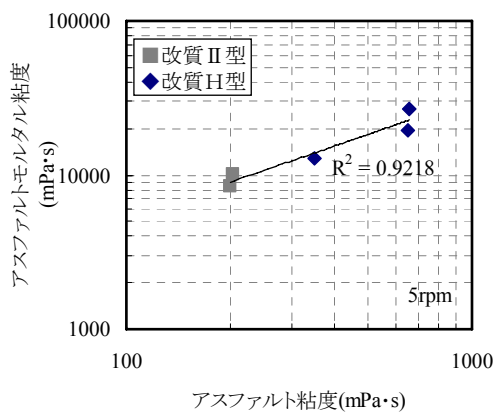


図-4 アスファルトとアスファルトモルタル性状の関係 (RV)

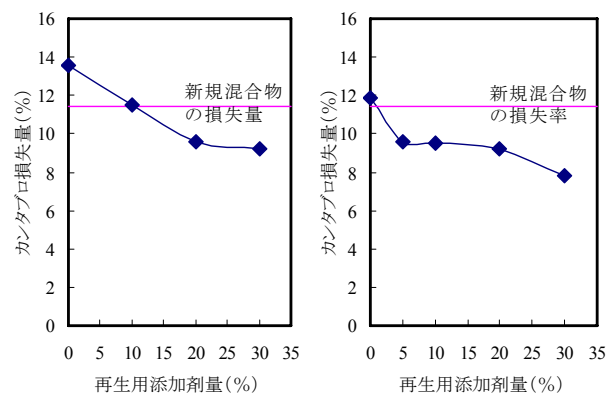
設計の方法として、カンタブロ試験による配合設計を図-1のフローで行った。再生骨材は2種類とし、いずれも再生骨材配合率は30%とした。また比較用として新規の骨材を用いた配合（新規混合物）も行った。

(2) 骨材配合

骨材配合は、図-1の⑤のステップまでで決定した。決定した3つの配合を表-8に示す。

表-8 骨材配合

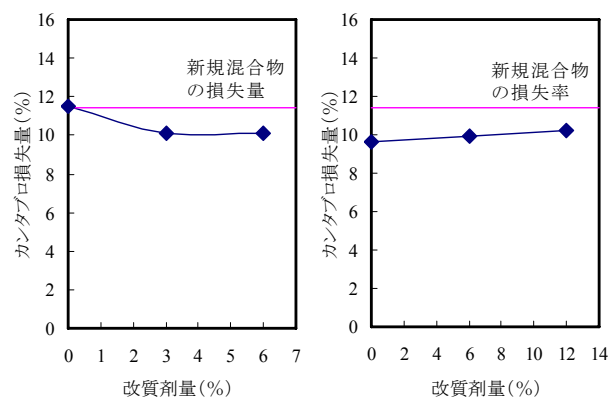
配合物種別	新規混合物 (新規骨材)	再生混合物A (再生骨材A)	再生混合物B (再生骨材B)
骨材配合	6号砕石	85.0	60.5
	再生骨材	—	30.0
	細目砂	10.0	5.5
	石粉	5.0	4.0
通過（合成 質量百分率） %	19mm	100.0	100.0
	13.2mm	96.7	97.2
	9mm	62.8	66.1
	4.75mm	15.1	16.0
	2.36mm	15.0	14.9
	1.18mm	14.9	13.8
	0.6mm	10.1	10.4
	0.3mm	9.8	9.3
	0.15mm	5.4	6.0
	0.075mm	4.0	4.3



(a)再生混合物 A

(b)再生混合物 B

図-5 再生用添加剤量の設定



(a)再生混合物 A

(b)再生混合物 B

図-6 改質剤量の設定

(3) 再生用添加剤量及び改質材量の設定

再生用添加剤量及び改質材量をカンタブロ試験によって決定した。新規混合物のカンタブロ損失量は11.4%であったため、この値を目標にして配合設計を行った。添加量の水準を多くすると配合設計の労力が多大になるため、まず再生用添加剤量を決定し、その後改質材量を決定する手順とした。図-5に示すように再生骨材Aでは、再生用添加剤が10%のときに目標値になったため、再生用添

加剤量を 10%と設定した。再生骨材 B では 2%付近で目標値となったが、2%では量が少なすぎて計量が困難であるため、5%に設定することにした。

続いて再生用添加剤量を上記で求めた値に固定して改質材量を変化させてカンタプロ試験を行った。図-6 に示すように、新規混合物のカンタプロ損失量を目標にするに改質材の添加量はいずれも 0%付近となった。しかし、再生骨材 A では旧アスファルトの劣化を考慮し、また再生骨材 B では劣化に加えて改質材を含まないことを考慮して改質材を添加することにした。再生混合物 A では損失量 10%が下限値となり、その添加量である 3%を改質材量とした。また、再生混合物 B ではこれと同じ損失量となる 6%を改質材量と設定することにした。なお、これらの設定値における最適アスファルト量は、再生混合物 A では 5.3%、再生混合物 B では 5.2%であった。

(4) 決定配合の混合物性状

決定配合における混合物性状を表-9 に示す。2 種類の再生混合物はいずれも各項目において新規混合物と同等かそれ以上の性状を示しており、概ね適当な配合が得られた。

5. アスファルトモルタルによる再生ポーラスア

スファルトの配合設計

(1) 概要

アスモルによる再生ポーラスアスファルトの配合設計の方法では、図-1 のフローのうち、再生用添加剤および改質材量の決定についてのみアスモルにより行う方法に変更して行った。具体的には、次の手順とした。

- ① 再生混合物の配合に対応するアスモル配合の算出
- ② アスモルの試験により、再生用添加剤および改質材の最適添加量を決定
- ③ 対応する再生混合物の最適配合を決定

骨材配合は表-8 のとおりとしたが、アスモルの配合は全体の配合から 1.18mm 通過分をアスモルとした。アス

モルの試験には、高温性状として DSR、混合物製造時の性状として RV を行い、この性状で新規のアスモルと同等となるように配合を決定した。

(2) 再生混合物の配合に対応するアスファルトモルタルの配合の設定

a) 再生混合物の配合に対応する推定アスモル配合の算出

表-10 に、カンタプロ試験により求められた再生混合物 A と B のアスモル部分の配合の算出結果の一例を示す。まず、再生混合物中のアスモル配合の推定（推定アスモル配合）を行った。算出方法は、表-10 に示すそれぞれの材料について、全量に対する 1.18mm 通過分の比率（表中②）を予め求めておき、この比率を想定する再生混合物の配合（表中①）に掛け合わせ（表中③）、この合計を 100%に直し、推定アスモル配合（表中④）を求めた。

b) 5-0mm 再生骨材使用の検討

推定アスモル配合に含まれる再生骨材由来のアスモル分は、13-5mm の再生骨材の周りに付着したものであり、推定アスモル配合を正確に作製するためには、再生骨材

表-9 決定配合における混合物性状（カンタプロ法）

配合名	新規混合物	再生混合物A	再生混合物B
再生用添加剤添加量 (%)	—	10.0	5.0
改質剤添加量 (%)	—	3.0	6.0
アスファルト量 (%)	4.9	5.3	5.2
理論密度 (g/cm ³)	2.494	2.474	2.490
密度 (g/cm ³)	1.999	2.001	2.007
空隙率 (%)	19.8	19.1	19.4
安定度 (kN)	5.41	5.81	5.80
フロー (1/100cm)	36.5	28.3	31.7
残留安定度 (%)	—	98.6	94.5
カンタプロ損失率 20℃ (%)	11.4	8.4	10.1
-20℃ (%)	24.5	21.5	19.5
強度 (MPa)	0.63	0.85	0.73
圧裂 (20℃) 変位量 (cm)	0.25	0.18	0.20
強度/変位量 (MPa/mm)	2.64	4.66	3.65
強度 (MPa)	0.07	0.15	0.16
圧裂 (60℃) 変位量 (cm)	0.18	0.20	0.19
強度/変位量 (MPa/mm)	0.38	0.74	0.87
動的安定度 (回/mm)	5,906	6,517	7,269
ねじり骨材飛散値 ^(注) (%)	9.9	9.3	2.8

注) ねじり骨材飛散値は、30分後の値を示している。

表-10 アスファルトモルタルの配合例

		6号砕石	再生骨材(旧As除く)	細目砂	石粉	アスファルト					合計
						新規As	旧As	再生用添加剤	改質材	小計	
再生混合物A (再生用添加剤10%, 改質剤3%)	混合物配合割合 =①	57.29	28.41	5.21	3.79	3.74	1.27	0.13	0.16	5.30	100.00
	1.18mm通過量(%) =②	0	14.80	98.60	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	—	—
	①×② =③	0	4.20	5.14	3.79	3.74	1.27	0.13	0.16	5.30	18.43
	推定アスモル配合 ④	0	22.79	27.89	20.56	20.29	6.89	0.71	0.87	28.76	100.00
	試験用アスモル配合 ⑤	—	57.08	14.16	—	20.29	6.89	0.71	0.87	28.76	100.00
再生混合物B (再生用添加剤5%, 改質剤6%)	混合物配合割合 =①	57.65	28.58	4.76	3.81	3.79	1.05	0.05	0.31	5.20	100.00
	1.18mm通過量(%) =②	0	18.40	98.60	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	—	—
	①×② =③	0	5.26	4.69	3.81	3.79	1.05	0.05	0.31	5.20	18.96
	推定アスモル配合 ④	0	27.74	24.74	20.09	19.99	5.54	0.26	1.64	27.43	100.00
	試験用アスモル配合 ⑤	—	50.53	22.04	—	19.99	5.54	0.26	1.64	27.43	100.00
新規混合物	混合物配合割合 =①	80.83	—	9.51	4.76	4.9	—	—	—	4.90	100.00
	1.18mm通過量(%) =②	0	—	98.60	100.00	100.00	—	—	—	—	—
	①×② =③	0	—	9.38	4.76	4.90	—	—	—	4.90	19.04
	試験用アスモル配合 ⑤	0	—	49.26	25.00	25.74	—	—	—	25.74	100.00

の表面に付着しているアスモル分を削ぎ取って必要量を回収しなければならない。しかし、これは多大な労力を必要とすることが予想されたため、労力の軽減を目的として、13-5mm 再生骨材を作製する際に得られる 5-0mm 再生骨材の利用を検討した。13-5mm 再生骨材のアスモル分の抽出骨材の粒度と、5-0mm 再生骨材の抽出骨材の粒度を図-7 に示す。この図から、5-0mm 再生骨材の抽出粒度は 0.15mm 以下で若干細かいもののかなり近い粒度であることが分かったため、試験用のアスモルの作製には、5-0mm 再生骨材を使用することにした。

c) 試験用アスモルの配合の算出

5-0mm の再生骨材を使用することにしたため、試験用アスモルの配合の算出を行った。考え方としては、再生アスファルトの配合を混合物の配合に合わせるようにして不足する骨材を新規の骨材で補うようにした。なお、再生アスモルに添加する骨材は、細目砂だけを使用した。これは、5-0mm の再生骨材を使用するため完全に同じ配合にすることが不可能なことやフィラー分がアスモルの粘性に与える影響が大きいこと、配合設定の複雑化を避けることなどのためにこのようにした。

5-0mm 再生骨材のアスファルト量を測定した結果、5-0mm 再生骨材 A では 10.77%、5-0mm 再生骨材 B では 9.88%であった。試験用アスモル配合(再生骨材 A)では、旧アスファルトが 6.89%であるため、これに必要な 5-0mm 再生骨材 A の量を $6.89 \div 0.1077 = 63.97\%$ として求めた。(これより表-10 における再生骨材(旧 As 分除く)は、 $63.97 - 6.89 = 57.08\%$ 、旧 As 6.89%となった。)同様に再生骨材 B では、 $5.54 \div 0.0988 = 56.07\%$ (再生骨材 50.53%+旧 As 5.54%) となった。

この結果、表-10 の⑤に示す試験用アスモル配合のようになった。

アスモル配合は、再生用添加剤量(旧アスファルトに対する量)を 0, 5, 10, 20, 30%, 改質材量(全アスファルト量に対する量)を 0, 3, 6%として作製した。

(3) 再生用添加剤量及び改質材量の設定

アスモルの性状測定は、DSR および RV で行った。DSR の結果を図-8, 9 に示す。DSR については、複素弾性率と損失角を用いて様々な指標で表現できるが、今回は耐流動性との関係がある $G^*/\sin \delta$ の指標を用いた。 $G^*/\sin \delta$ は、大きいほど耐流動性が高い傾向があるため、新規材料のみで作製したアスモルの値以上を目標値にした。

RV の結果を図-10, 11 に示す。RV は粘度を指標として、製造、施工性の確認を目的に行った。粘度が大きすぎると製造、施工に問題が生じるものと考え、新規材料のアスモルと同程度以下を目標とした。

以上の結果から、目標範囲に入る改質材の添加量を整理すると表-11 のようになった。再生骨材 A では、再生用添加剤 5%で改質材 0.1% $\geq$ で目標範囲に入る結果が得られたが、より粘度が低いと予想された再生用添加剤 10%

では目標範囲に入る添加量が見いだせなかったため、5%での結果はイレギュラーと見なし採用せず、20%での目標範囲の最低値である改質材 1.7%を採用することとした。また、再生骨材 B では、再生用添加剤が 5, 10%で目標範囲に入ることがなく、20%での目標範囲の最低値である改質材 0.7%を採用することにした。

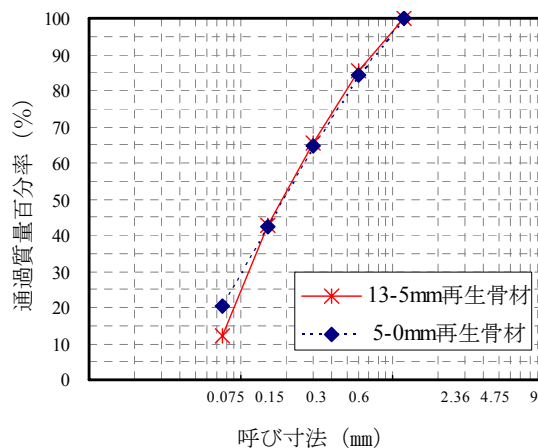


図-7 抽出骨材の粒度分布

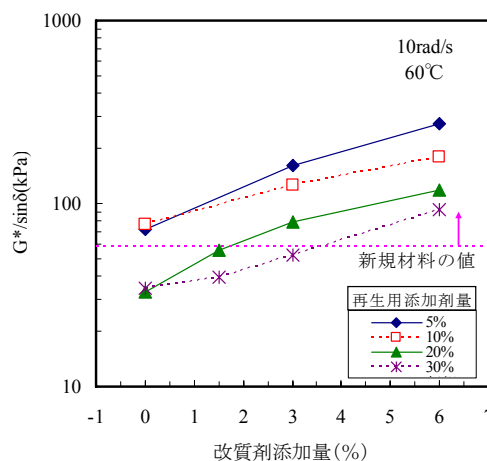


図-8 アスファルトモルタルの DSR の結果 (再生骨材 A)

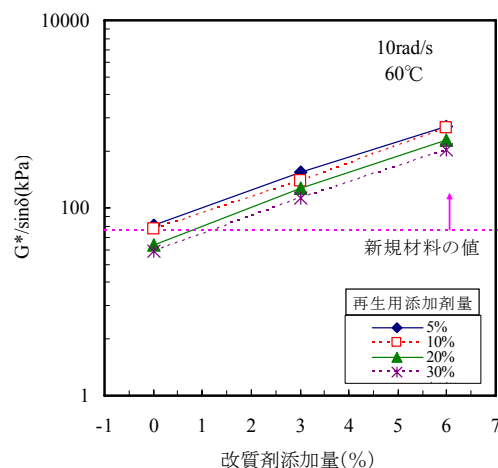


図-9 アスファルトモルタルの DSR の結果 (再生骨材 B)

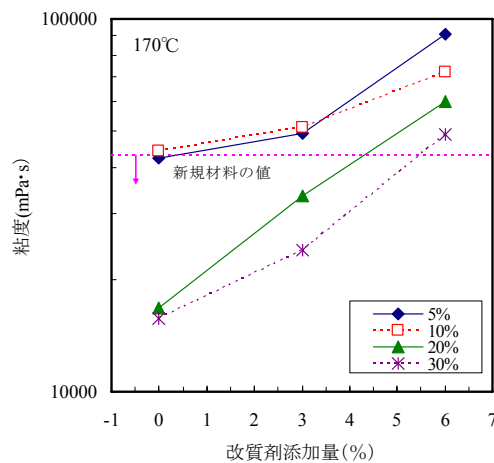


図-10 アスファルトモルタルのRVの結果（再生骨材A）

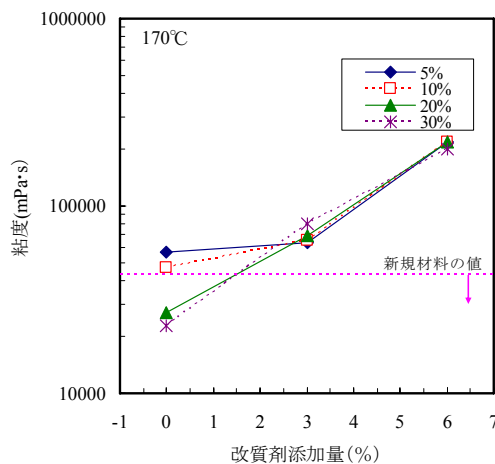


図-11 アスファルトモルタルのRVの結果（再生骨材B）

表-11 目標値となる改質剤の添加量

	再生用 添加剤量	DSR 目標値 $\geq$ 57.8kPa	RV 目標値 $\leq$ 42.9Pa·s	目標範囲 の最低値
再生骨材A	5%	$\geq 0\%$	$0.1\% \geq$	0%
	10%	$\geq 0\%$	—	—
	20%	$\geq 1.7\%$	$4.0\% \geq$	1.7%
	30%	$\geq 3.5\%$	$5.1\% \geq$	3.5%
再生骨材B	5%	$\geq 0\%$	—	—
	10%	$\geq 0\%$	—	—
	20%	$\geq 0.7\%$	$1.5\% \geq$	0.7%
	30%	$\geq 1.2\%$	$1.5\% \geq$	1.2%

(4) 決定配合の混合物性状

決定配合における混合物性状を表-12に示す。再生混合物Aは、いずれも各項目において新規混合物と比べて概ね同等程度を示した。一方、再生混合物Bでは、ほとんどの項目で新規混合物と同程度の値を示したが、動的安定度、ねじり飛散抵抗値が若干下回る値を示した。また、表-9のカンタブロ法による配合と比べても下回る値を示した。しかし、舗装計画交通量3,000台/日以上の場合の動的安定度の目標値が3,000回/mm以上⁶⁾であることを考えれば、今回の数値が低いとは考えられない。ねじり骨

表-12 決定配合における混合物性状（アスモル法）

配合名	新規混合物	再生混合物A	再生混合物B
再生用添加剤添加量 (%)	—	20.0	20.0
改質剤添加量 (%)	—	1.7	0.7
アスファルト量 (%)	4.9	5.2	5.1
理論密度 (g/cm ³)	2.494	2.477	2.492
密度 (g/cm ³)	1.999	1.987	1.993
空隙率 (%)	19.8	19.8	20.0
安定度 (kN)	5.41	4.64	4.87
フロー (1/100cm)	36.5	25.3	26.0
残留安定度 (%)	—	—	—
カンタブロ損失率	20℃ (%)	11.4	7.7
	-20℃ (%)	24.5	18.9
強度 (MPa)	0.63	0.68	0.53
	変位量 (cm)	0.25	0.21
圧裂 (20℃)	強度/変位量 (MPa/mm)	2.64	3.17
	強度 (MPa)	0.07	0.06
圧裂 (60℃)	変位量 (cm)	0.18	0.19
	強度/変位量 (MPa/mm)	0.38	0.32
動的安定度 (回/mm)	5,906	5,250	3,635
ねじり骨材飛散値 ^{注)} (%)	9.9	7.8	11.9

注) ねじり骨材飛散値は、30分後の値を示している。

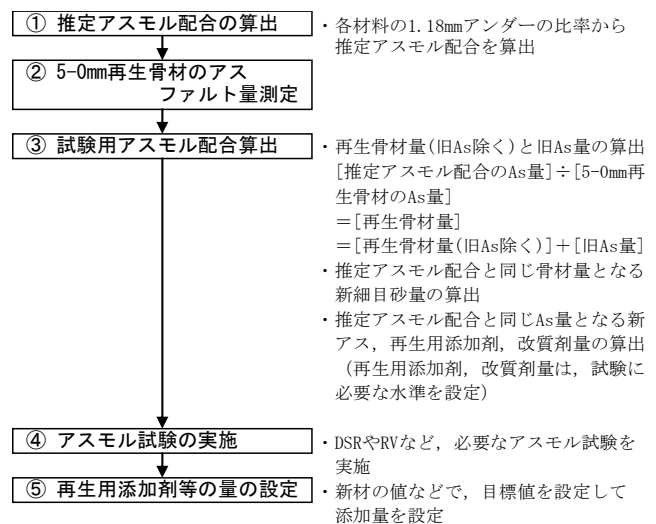


図-12 アスモルによる添加量の設定方法

材飛散値については、一般的な目標値はないが、新規混合物と比べて若干大きい値を示している程度であり、問題ないものと考えられる。

6. アスファルトモルタルによる配合設計の提案と

カンタブロによる配合設計との比較

(1) アスモルによる配合設計の提案

アスモルによる配合設計は、基本的な手順は図-1のフローと同じである。違いは、図-1における⑥再生用添加剤および改質材量の設定の方法が、カンタブロ試験ではなくアスモル試験によるところである。本研究で提案するアスモル法における再生用添加剤量、改質材量の設定方法をフローで表すと、図-12のようになる。

表-13 カンタブロ法とアスモル法の得失

		カンタブロ法	アスモル法
性状把握	低温	○ (低温カンタブロ)	○ (BBR)
	常温	○ (カンタブロ)	○ (DSR)
	高温	×	○ (DSR)
	製造・施工温度	×	○ (RV)
経済性	添加量の設定	△ (細かい設定は、多大な労力)	○ (試験が小規模で比較的多くの試験が行える)
	試験機	○	× (DSRは、高価で普及が難しい)
労力		× (混合物製造に多大な労力が必要)	○ (試験が小規模で、労力も小さい)

(2) カンタブロ法とアスモル法の比較

二つの配合設計法（カンタブロ法、アスモル法）を性状、経済性、労力などの観点で得失を比較した。整理したものを表-13に示す。カンタブロ法は、試験機が普及しており試験が様々な機関で行えるが、混合物試験に多大な労力を必要とし、細かい添加量設定は難しいものと考えられた。これに比べてアスモル法は、幅広い温度範囲で性状を把握でき、少ない試料で試験が行え、労力も比較的掛からない。しかし、今回検討に用いた DSR は高価な試験機であり、プラントなどでの普及は難しいと考えられることから、他のバインダ試験機などでの検討も必要と考えられた。

7. まとめ

本研究では、再生骨材を使用したポーラスアスファルトの新しい配合設計法として、アスファルトモルタルによる方法の検討を行った。その結果、アスファルトの抽出回収を行わずに、供用中の温度域だけでなく、製造・施工時の温度域を考慮した配合設計が可能になった。

本研究で得られた主な知見をまとめると次のとおりである。

- アスファルトモルタルは、DSR、BBR、RV といったアスファルト試験が適用でき、それらの試験を行った結果、アスファルト性状と関係が深いことが認められた。
- カンタブロ試験による配合設計において、今回は再生用添加剤量を決定してから改質材量の決定を行ったが、どちらを添加しても損失量が低下していった

め、目標値から添加量を決定することが困難であった。

- アスファルトモルタルによる配合設計において、再生混合物では 13-5mm の再生骨材を使用するが、13-5mm の再生骨材からアスファルトモルタル分を採取することは難しいため、5-0mm の再生骨材からアスファルトモルタルを採取して代用しても、配合設計上大きな問題がないことを確認した。
- アスファルトモルタルにより配合設計は可能であり、カンタブロ試験によるものよりも、広い温度域で性能が確認でき、労力も少なくて済むことを確認した。また、今回の検討では、以下に示すいくつかの課題があり、今後これらの解決が必要と考えられた。
- 再生用添加剤および改質材の添加量の水準を最小限にする手順の検討
- アスファルトモルタル性状の目標値の設定方法および添加量の決定方法の最適化
- 多種類の再生骨材を使用した配合設計による汎用性の確認
- DSR 試験は、高価な試験機であり、プラントでの導入は難しいことが予想されるため、汎用試験機で行えるアスファルトモルタル試験の検討が必要

参考文献

- Jean-Pierre Antoine, Christian Alvarez : RAFTED - High Rate Recycling of Porous Asphalt. A successful experiment of hot recycling of the porous asphalt, Revue General des Routes, No.801, pp.29-33, 2001.12
- 本松資朗, 小澤光一, 高橋光彦, 向後憲一: 高機能舗装のプラント再生に関する検討, 舗装, vol.38, No.7, pp.3-8, 2003.
- 松本大二郎, 川村和将, 高橋光彦, 大河内宝, 白戸 孝治: 高機能舗装混合物のプラント再生に関する検討, 舗装工学論文集, 第9巻, pp.125-132, 2004.
- 小長井彰祐, 新田弘之, 村山雅人, 向後憲一: 排水性舗装発生材の再生利用技術確立に向けた直轄国道試験施工の中間報告, 道路, No.785, pp.42-46, 2006.
- 新田弘之, 西崎到, 小長井彰祐, 伊藤正秀: 再生ポーラスアスファルト混合物の諸性状と配合設計に関する検討, 舗装工学論文集, 第10巻, pp.233-238, 2005.
- (社)日本道路協会: 舗装施工便覧(平成18年版), (社)日本道路協会, p.105, 2006.

MIX DESIGN METHOD OF RECYCLED POROUS ASPHALT USING ASPHALT MORTAR

Hiroyuki NITTA and Itaru NISHIZAKI

In Japan, several mix design methods for the recycled porous asphalt are being developed and proposed. These methods include the one to use Cantabro test and the one by the extraction recovery of asphalt. However, they have not been established yet, because they have some problems. The authors studied the mix design method using asphalt mortar, the new method evaluating several properties without extraction. As a result, the new mortar method was a method of not only appreciable of servicing temperature but also appreciable of constructing temperature. In addition, the labor of the method was also light.