

◆ 道路特集 ◆

改質アスファルト再生骨材を使った再生混合物の性状

新田弘之* 吉田 武** 寺田 剛***

1. はじめに

近年、耐流動性舗装や排水性舗装のようにバインダーとして改質アスファルトを使用した舗装が増えており、今後これらが舗装発生材の再生利用が予測される。しかし、現在は改質アスファルトに含まれる改質材の劣化特性や再生利用した場合の諸性状への影響など不明な点が多く、再生利用方法が確立していないのが現状である。また、改質アスファルトは元々高性能なアスファルトとして使用されており、再生利用の際にも高い性能を利用できる可能性もあり、改質アスファルトの再生特性を解明し、適切な再生利用方法を確立することが求められている。

そこで、改質アスファルトを含む再生骨材を通常の再生骨材と同様に扱った場合の問題点および適切な配合方法についても検討した。

2. 改質アスファルト再生利用における技術的課題

改質アスファルトを含む再生骨材を用いて再生混合物を製造する場合、通常の再生骨材と同様に行うと、図-1に示すように配合設計の各段階での技術的課題があり供用性状も分かっていない。このため、それぞれの段階での課題解決が必要であ

る。以下に説明する。

①抽出回収における課題

アスファルト舗装の再生骨材を使って再生混合物を造る場合、再生骨材の周りに劣化したアスファルトが付着しているため、付着したアスファルトを抽出回収し、劣化性状を把握した後、新規に加えるアスファルトや再生添加剤の添加量などを決めている。しかし、改質アスファルトの場合、抽出する際に、改質材の影響で十分抽出できなかったり、回収の際に改質材の分散状態が変化し、元の改質アスファルトの性状とは異なるものになったりすることがある。

②劣化改質アスファルトの性状

改質アスファルトの改質材は、熱可塑性エラストマーなどの樹脂が用いられているが、この改質材の供用中の劣化特性が分かっておらず、劣化により変質した改質材の性能を補う方法が確立していない。また、改質材の種類は複数あり、改質材種類によって対応が異なると思われるが、再生骨材に付着している改質アスファルトの改質材種類を特定することは困難である。

③旧アスファルトと新アスファルトの混合性

再生混合物を作製する際、旧アスファルトが付着した再生骨材を用いるが、この劣化した旧アスファルトが新規に添加するアスファルトとのどの

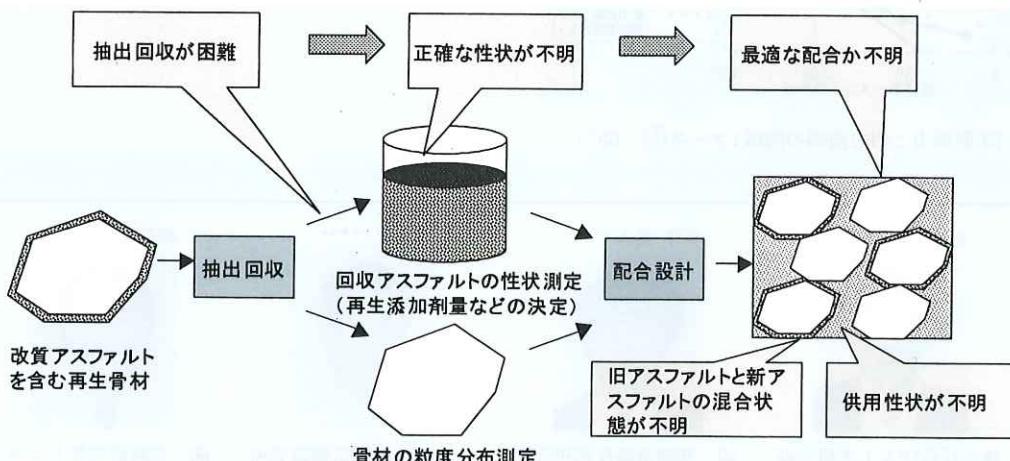


図-1 改質アスファルト再生混合物に関する問題

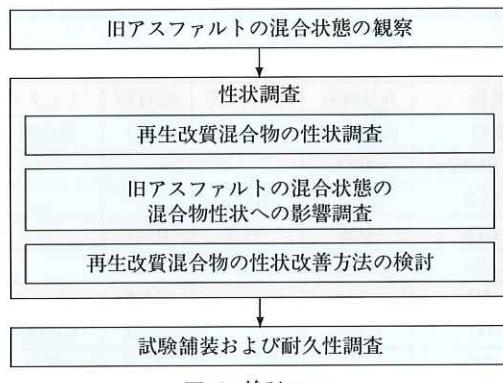
程度溶け合っているのかが分かっていないため、混合することを前提に配合を考えるか、混合しないことを前提に配合を考えるかなどの方針が定まっている。

3. 検討方法

検討は、改質アスファルトを含む再生骨材を使い再生密粒度アスファルト混合物を作製した場合を基本として、図-2に示すフローに従い検討を行った。

まず、再生骨材に付着した改質アスファルトと新アスファルトの混合状態を確認するために、改質アスファルトを含んだ再生骨材(改質再生骨材)を用いて作製した再生混合物(改質再生混合物)の断面を観察した。観察がしやすいように改質アスファルトには、明色アスファルトを用いた。

その後、改質再生混合物の基本的な性状調査や混合状態による性状の差を把握するとともに、改質再生混合物の性状向上のための検討を行った。



さらに、試験舗装を行い、施工性の調査や促進載荷試験による耐久性の調査を行った。

4. 旧アスファルトの混合状態の観察および性状評価

4.1 混合物作製方法

旧アスファルトの混合状態の観察のための供試体は通常の再生骨材と同様の方法である①の方法、また性状評価のための供試体作製は①の方法に加え、旧アスファルトと新アスファルトが完全に混合した状態を試験的に再現した②の方法でも作製した。作製条件を表-1に示す。

①改質再生混合物作製

改質再生骨材を通常の再生骨材と同様の方法で配合し、再生混合物を作製した。改質アスファルトは完全な回収が不可能であるが、通常と同じ方法とするため、これを無視してその後の配合設計を行った。なお、目標針入度は70になるように再生添加剤を用いて調整し、新アスファルトにはストレートアスファルト60-80を用いた。

また、再生骨材混入率は、適正な骨材粒度範囲の確保を考慮すると今回用いた骨材では最大45%までであったため、これを最大として、10, 30, 45%とした。

②劣化改質混合物作製

再生混合物内で劣化した改質アスファルトと再生添加剤および新アスファルトが完全に混合した状態の性状を把握するために、改質再生骨材のアスファルトと同等の劣化を施した改質アスファルト(劣化改質アスファルト)を作製して、新アスファルトや再生添加剤と予め完全混合してから混

表-1 作製条件

項目	概要
改質再生混合物作製	改質アスファルトを用いて混合物を作製した。改質アスファルトII型は密粒度混合物(13mmTop)とし、高粘度改質アスファルトは排水性混合物(13mmTop)とした。
	一度作製した混合物を熱して搔きほぐし、135°Cで4時間加熱後に85°Cで48時間加熱した。
	舗装試験法便覧に示される標準的な方法でアスファルト回収を行った。
	回収したアスファルトに再生添加剤を加え、針入度70になるよう添加率を求めた。
	再生骨材混入率が10, 30, 45%となるように密粒度再生混合物(13mmTop)を作製し、改質再生混合物とした。
劣化改質混合物作製	薄膜加熱試験
	薄膜加熱試験と同じ装置を用いて、改質アスファルトの最適混合温度と同じ温度で、5時間加熱した。
	バインダ促進劣化試験
	薄膜加熱用の皿に改質アスファルトを入れたまま、135°Cで4時間、85°Cで48時間加熱した。
	針入度調整
劣化改質アスファルト作製	劣化改質アスファルトに再生添加剤を加え、針入度70となるような添加率を求めた。
	劣化改質アスファルトの添加率が10, 30, 45%となるように新アスファルトと再生添加剤とともに混合し、劣化改質アスファルトを作製した。
	通常の密粒度混合物と同様の方法で配合設計を行った。
劣化改質混合物作製	劣化改質アスファルトを用いた密粒度混合物(13mmTop)を作製し、劣化改質混合物とした。

合物(劣化改質混合物)を作製した。

4.2 試験材料

①改質アスファルトサンプル

改質アスファルトサンプルは、表-2に示すものを用いた。耐流動対策に多く用いられている、改質アスファルトII型2種類と、排水性舗装に用いられる高粘度改質アスファルトを使用した。ただし、断面観察用には、明色アスファルトを用い、ベンガラによって着色した。

②再生用材料

再生用材料として、ストレートアスファルト60-80と再生添加剤を用いた。それぞれの性状を表-3に示す。いずれも一般的に用いられている材料である。

③骨材

試験に用いた骨材は、新規混合物、再生混合物とも同じ骨材を用いた。骨材の粒度分布を表-4に示す。

4.3 配合設計

促進劣化によって作製した改質再生骨材を用いて配合設計を行った結果、表-5に示すような配合になった。骨材の粒度分布がほぼ同じことから、全質量に対するアスファルト量は全て5.6%に統一した。

4.4 実験結果および考察

(1) 改質再生混合物の混合状態の観察

写真-1, 2に断面写真を示す。写真でピンク色に着色された部分が旧アスファルトの部分である。旧アスファルトは完全に新アスファルトと混合していれば、ピンク色の部分が少なくなるが、写真では若干残っているのが確認される。特に旧アスファルトに高粘度改質アスファルトを用いた場合はピンク色の部分と新アスファルトの黒い部分の境界が顕著であり、旧アスファルトと新アスファルトがあり混合していない部分があることが分かる。

この観察は、旧アスファルトに明色アスファルトを用いており、通常のアスファルトとは成分が大きく異なるため、相溶性が通常と異なる可能性もある。しかし、粘弹性はほぼ同じようなものであり、通常のアスファルトでも同様に混合していない可能性があると考えられる。

(2) 改質再生混合物の性状

①マーシャル安定度試験

図-3にマーシャル安定度試験の結果を示す。どの改質アスファルトの場合も再生改質骨材の混入

表-2 改質アスファルトサンプル

	改質アスファルトII型-1	改質アスファルトII型-2	高粘度改質アスファルト
針入度 (1/10mm)	59.0	53.0	69.0
軟化点 (°C)	61.5	60.0	90.5
伸度 (cm)	100+	97.0	100+
タフネス (N·m)	29.2	26.3	25.0
テナシティ (N·m)	24.0	20.5	21.4
密度 (g/cm³)	1.038	1.034	1.027

表-3 再生に用いたアスファルトおよび添加剤

	ストレートアスファルト60-80	再生添加剤	
針入度 (1/10mm)	70	-	
軟化点 (°C)	49.0	-	
伸度 (cm)	100+	100+	
動粘度 (cSt)	60 °C 120 °C 150 °C 180 °C	- 843 192 64.7	170.5 - - -
密度 g/cm³	1.037	1.0081	

表-4 実験に用いた骨材とフィラーの性状

名称	6号碎石	7号碎石	粗目砂	フィラー
	材質	硬質砂岩	硬質砂岩	碎砂
通 過 重 量 百 分 率 %	19.0mm	100.0		
	13.2	98.5	100.0	
	4.75	0.8	94.8	100.0
	2.36		4.2	99.9
	600μm			44.3
	300			24.0
	150			11.2
	75			3.9
比 重	見掛	2.690	2.685	2.565
	かさ	2.630	2.621	2.500
	表乾	2.652	2.645	2.525
吸水率 %	0.84	0.91	1.01	

率が増えると安定度が大きくなっている。一方、水に対するはく離抵抗性を示す残留安定度は、混入率が増えると低下するものもあった。この結果、再生改質骨材の混入はあまり多すぎない方がいいことが分かった。

②ホイールトラッキング試験

図-4に、改質再生骨材の混入率を変化させた場合のホイールトラッキング試験の結果を示す。ホイールトラッキング試験では、再生骨材の混入率が増加するほど動的安定度(DS)が増大し、耐流動性が向上する傾向を示した。再生骨材混入率を変化させた混合物の目標針入度はほぼ同じである

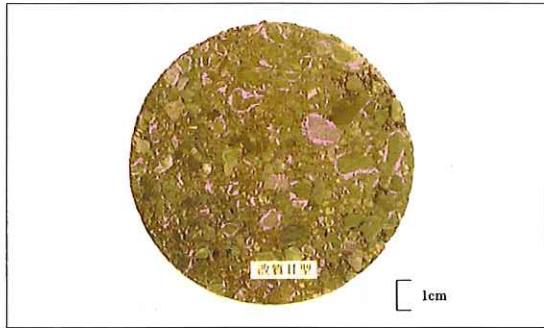


写真-1 改質再生混合物の断面
(旧アスファルトが改質アスファルトII型の場合)

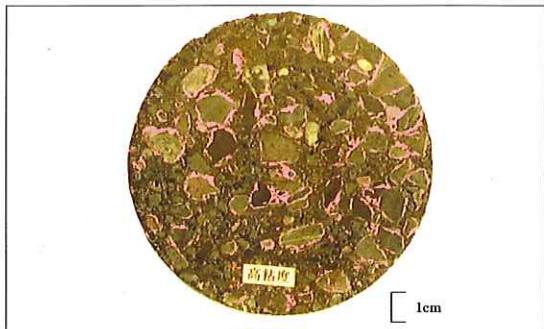


写真-2 改質再生混合物の断面
(旧アスファルトが高粘度改質アスファルトの場合)

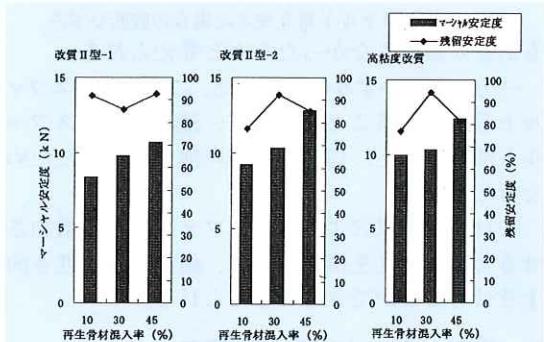


図-3 安定度試験の結果

にかかわらず、再生骨材の混入率が上昇するほど DS が増大しているのは、混入率の増加とともに改質材濃度が上昇したためであると考えられる。

③曲げ試験

曲げ試験の結果を図-5, 6 に示す。曲げ試験では混入率が増大しても曲げ破断強度はあまり変化していないものの、破断ひずみは減少しており、耐ひび割れ性が低下していると考えられる。これは、再生改質骨材の混入率が上昇するほど、旧アスファルトと新アスファルトとの混合が不十分な部分が増え、破断に対する抵抗力が減少しているためと考えられる。

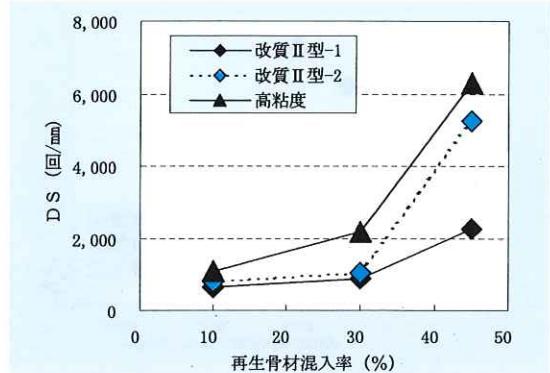


図-4 ホイールトラッキング試験の結果

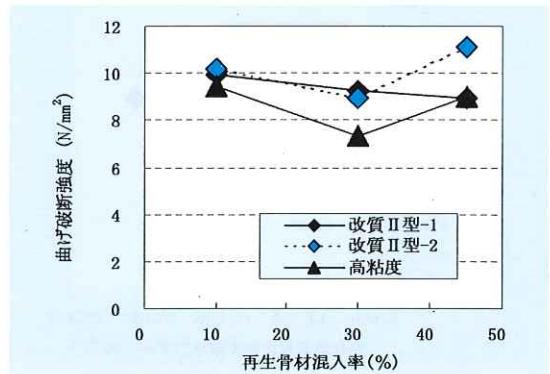


図-5 曲げ試験における破断強度

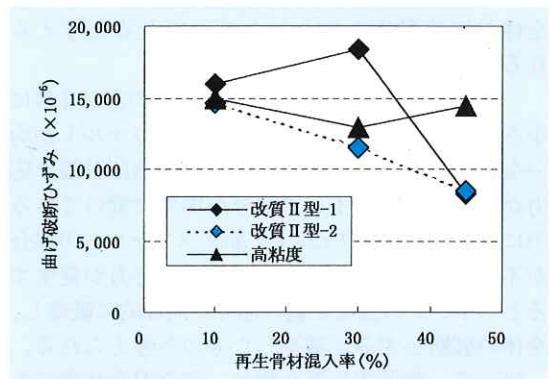


図-6 曲げ試験における破断ひずみ

(3) 完全混合状態との比較

図-7, 8 に、劣化改質混合物と改質再生混合物の性状の比較を示す。プロットはそれぞれの改質材濃度が同じものを対にした。旧アスファルトと新アスファルトが完全に混合した状態を模擬的に造った劣化改質混合物に比べ、混合が不完全と考えられる改質再生混合物の方が DS は大きくなる傾向が見られた。この現象は、改質再生混合物では混合が完全でないため、再生骨材の周りに付着している旧アスファルトは改質材を多く含む状態

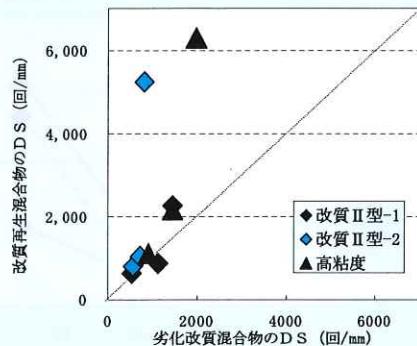


図-7 DS における混合状態の比較

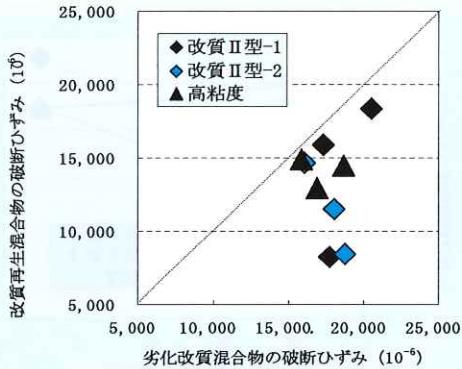


図-8 破断ひずみにおける混合状態の比較

となり、局部的に強い弾性的挙動を示し、混合物全体の耐流動性も向上したためであると考えられる。

一方、破断ひずみは改質再生混合物の方が非常に小さくなっている。この現象は、アスファルトが均一な状態となっている劣化改質混合物は引張り応力が発生してもバインダ部分が均等に働いているのに対し、旧アスファルトと新アスファルトの混合が不完全な改質再生混合物は引張り応力が発生するとバインダの強度が弱い部分が局部的に破壊し、全体の破断ひずみが減少したものと考えられる。

従って、改質再生混合物は、完全混合状態である劣化改質混合物に比べ耐流動性は向上するが、耐ひび割れ性は低下するものと考えられた。

(4) アスファルト量の影響

性状の改善を検討するためアスファルト量を増加させて影響を見た。図-9, 10に最適アスファルト量(OAC)と、それより0.5%増加させたアスファルト量(OAC+0.5%)での性状を比較したものを示す。OAC+0.5%のDSはOACの時と同等以上であった。この現象は、混合状態の比較のときと同様に、局部的に旧アスファルトの強い弾性挙動が発生し、0.5%のアスファルトの増加があって

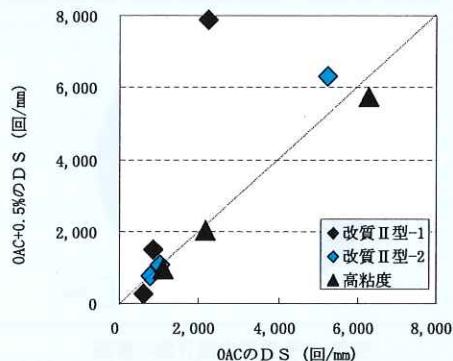
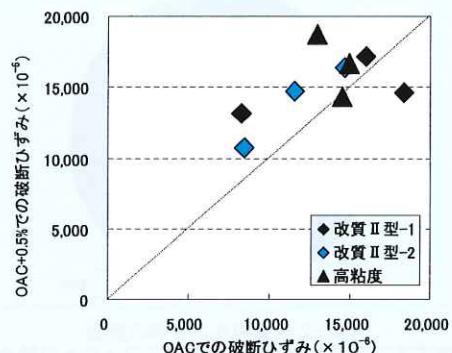


図-9 アスファルト量を変えた場合の DS

図-10 アスファルト量を変えた場合の破断ひずみ
もあまり影響しなかったためと考えられる。

一方、破断ひずみは増大した。これは、アスファルト量が増えることによって、連続するアスファルト部分が増え、局部的に弱い部分が減ったためと考えられる。

これらの結果により、アスファルト量を増加させると耐流動性を損なわずに、耐ひび割れ性を向上させることができると考えられる。

5. 試験舗装および耐久性調査

5.1 概要

土木研究所構内で発生した改質再生骨材を用いて改質再生混合物の試験舗装を行った。改質再生骨材としては、約3年経過した排水性舗装を切削したものを用いており、これを用いて13mmTopの再生密粒舗装とした。施工後は、大型車両を用いた促進載荷試験を行い、耐久性の調査を行った。

5.2 施工

試験施工は、表-6に示すような配合の混合物を用いた。すなわち、高粘度改質アスファルトを用いた再生密粒度混合物(高粘度再生密粒)とその比較工区としてストレートアスファルトを用いた密粒度混合物および高粘度改質アスファルトを用い

た密粒度混合物(高粘度密粒)とした。

5.3 促進載荷試験

促進載荷試験は土木研究所舗装走行実験場の中ループの試験工区で、自動大型荷重車を走行させて行った。走行条件を表-7に、試験状況を写真-3に示す。

表-6 骨材配合割合(旧アスファルト含む)

	密粒	高粘度密粒	高粘度再生密粒
アスファルト量 (%)	5.7	5.6	5.6
新材	6号碎石	37.0	37.0
	7号碎石	17.0	17.0
	粗目砂	26.0	26.0
	細目砂	15.0	15.0
	石粉	5.0	5.0
	再生骨材	—	50.0

表-7 促進載荷試験走行条件

項目	条件
試験走路	中ループ(628m/周、R=100m)
走行周	72,500周(49kN 輪換算 15万輪相当)
荷重車数	3台
輪荷重	59kN
相当交通量区分	A交通
相当年数	10年



写真-3 載荷試験状況

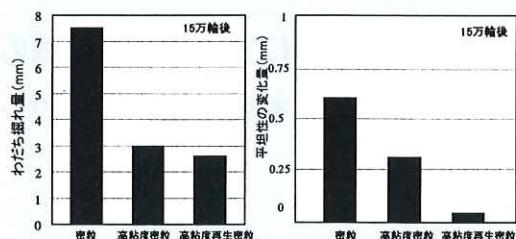


図-11 促進載荷試験における路面性状の一部

5.4 結果

試験舗装の施工は、通常の密粒度舗装の施工と全く同じであり、特別に注意する点はなく、ほぼ良好に行えた。

促進載荷試験における路面性状の一部を図-11に示す。15万輪走行後の路面性状をみると、わだち掘れ量では、高粘度再生密粒は、高粘度密粒と同程度であり、密粒よりも少なかった。平坦性の変化量では、高粘度再生密粒がもっとも小さく、良好な性状を示した。

6. まとめ

今回、改質アスファルト再生骨材の利用法について検討を行った。その結果、再生材混入率には上限を設ける必要があることがわかり、アスファルト量を若干多くする等の工夫により、改質アスファルト再生骨材を使った舗装が可能であることが分かった。

今後、再生材混入率の上限値の検討や性状向上のため更なる検討を行い、改質アスファルト再生骨材の利用法を確立していく予定である。

参考文献

- 木村、池田：アスファルト混合物の促進劣化手法の検討、第54回土木学会年次講演会講演概要集第5部、pp.416-417、1999.10.

新田弘之*



独立行政法人土木研究所
基礎道路技術研究グループ
(舗装)主任研究員
Hiroyuki NITTA

吉田 武**



同 基礎道路技術研究グループ
(舗装)上席研究員
Takeshi YOSHIDA

寺田 剛***



同 基礎道路技術研究グループ
(舗装)主任研究員
Masaru TERADA