

IV-7-2 アスファルトの品質規格及び再生利用に関する研究②

研究予算：運営費交付金（道路整備勘定）

研究期間：平 13～平 17

担当チーム：舗装チーム

研究担当者：久保 和幸、小長井 彰祐

【要旨】

近年、急速に施工量が増大している排水性舗装が、今後、大量に更新時期を迎えることは確実であるが、排水性舗装のリサイクル方法は定まっていない。このため、排水性舗装発生材をポーラスアスファルト混合物や密粒系アスファルト混合物へ再生利用する技術を提案することを目的として、本研究を実施した。製造に係る条件や使用材料、配合設計法を変えた再生混合物の試験練り、試験施工をプラントや直轄国道で実施し、供用後1年程度までの供用性を調査した。その結果、排水性舗装発生材を使用した再生混合物は適切な温度管理を行うことにより、概ね問題なく製造や施工ができることが分かった。また、排水性舗装発生材の配合割合が30%程度以下の再生混合物は、直轄国道レベルの重交通道路の表層へ適用しても問題がないと考えられた。

キーワード：排水性舗装、ポーラスアスファルト混合物、再生、加熱温度、アスファルトプラント

1. はじめに

排水性舗装は、路面の雨水を速やかに排水することによる車両の走行安全性向上効果や道路交通騒音の低減効果等を有しているため、全国的に普及しており、アスファルト舗装におけるシェアを拡大しつつある。そのような中で、直轄国道における排水性舗装の面積も、図1に示されるとおり平成8年度頃から急速に増加してきている。

一方、我が国の産業廃棄物の総量は約4億トンで、そのうち建設業からのものはその20%を占め、さらにその36%をアスファルト舗装発生材が占めている。このように発生量の多いアスファルト舗装発生材であるが、現在ではリサイクル技術が広く浸透しており、その再利用率は99%と高い水準に達している(図2) 1)。

排水性舗装の表層に用いられるポーラスアスファルト混合物には、特殊な材料が使われているが、この発生材の再利用技術は確立していない。近い将来には多くの排水性舗装が更新時期を迎え始め、この発生材が増加していくことになる。アスファルト舗装発生材の高い再利用率を維持するためにも、排水性舗装から出る発生材を再生利用することが強く求められている。

以上のことから、本研究では、排水性舗装発生材を再生利用する技術を提案するために、製造に係る条件や使用材料、配合設計法を変えた再生混合物の試験練り、試験施工等を再生アスファルトプラント

や直轄国道等で実施した。その結果をとりまとめ、排水性舗装発生材の再利用方法を提案した。

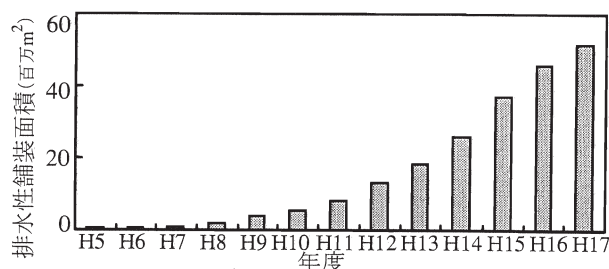


図1 直轄国道の排水性舗装面積の経年変化 (国土交通省調査)

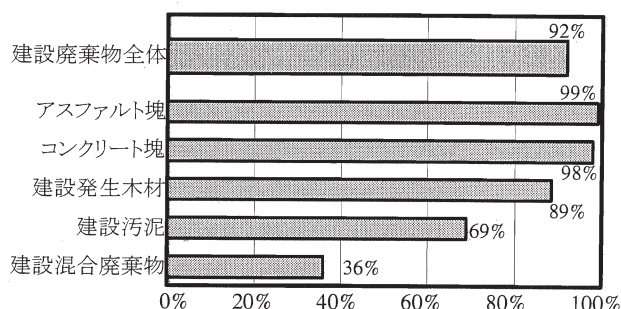


図2 平成14年度建設廃棄物の品目別再資源化率等 (国土交通省調査)

2. 排水性舗装発生材再生の課題

2.1 課題

ポーラスアスファルト混合物に使用するアスファルトは、骨材と骨材とが接触する面積が小さくても十分な耐久性が得られるように、粘性が非常に高い

表1 排水性舗装発生材再生への主な課題

項目	排水性舗装発生材の再生で懸念される点	従来の密粒系アスファルト混合物の再生
発生材	発生形態 ・切削材として搬入 ・一時期にまとまって搬入	・アスファルトコンクリート塊が主で切削材もあり ・不特定箇所から連続的に搬入
	性状 ・開粒度 ・切削速度等により粒度が変動 ・再生骨材中の旧アスファルト針入度の評価妥当性が不明	・切削材は、一般の再生骨材より粒度が細かい ・搬入地域の平均的な再生骨材中の粒度・アスファルト量・針入度が把握可能 ・再生骨材中の旧アスファルトは抽出して確認可
配合設計	粒度 ・粒度の変動が大きく、発生材の粒度を現場毎調査して配合設計が必要	・再生骨材の粒度は管理データで可 ・切削材は定量使用で配合することで対応可
	基準 ・適切な評価指標が未確立 ・再生用添加剤等の材料や性状等の基準なし	・舗装再生便覧に従う (再生用添加剤や混合物性状等の基準有り)
製造・施工	製造 ・再生骨材単独で加熱する場合、温度が上がりにくい ・ドライヤへのアスファルトモルタル付着の懸念 ・再生骨材の加熱温度の目標値が未確立 ・専用のストックヤードやコールドビンが必要	・再生専用の装置有り ・切削材は別計量等で対応
	施工 ・一般の施工機械で施工可能か不明 ・すりつけ等の手引きの施工性が不明	・施工機械は新規混合物と同じ
耐久性・供用性	・重交通道路での供用性や長期の耐久性が不明 ・再生骨材配合率の限界が不明	・再生骨材配合率の多少によらず、新規混合物と同等

特殊な改質アスファルトを用いている。これによって、十分な耐久性が得られる一方で、このことが通常の再生方法での対応を困難にしている要因にもなっている。また、骨材の配合については、空隙率が20%程度となるように開粒度で配合している。この配合は、一般的な粒度と大きく異なるため再利用時に調整が難しく、かつ、切削などの際に粒度の変化を起こしやすく、元の粒度にも調整が難しいことから、再利用を困難にしている。

表1に、排水性舗装発生材再生への課題を示す。

2.2 各機関の既往検討

前節で示した課題に対して、各機関において様々な検討が行われつつある。以下にその概要を示す。

2.2.1 独立行政法人土木研究所での検討²⁾

独立行政法人土木研究所では、過年度室内試験および大型車による促進載荷試験を行っており、主に以下のことが明らかになっている。

①密粒系舗装表層への再生

- (a) 排水性舗装発生材に含まれる旧アスファルトの抽出は困難である。
- (b) 排水性舗装表層からの切削材(13-0mmに分級)50%使用で、大型車走行49kN換算輪数57万輪まで(N₅交通5年程度)で大きな問題はない。

②排水性舗装表層への再生

- (a) 品質のばらつきが大きく、ダレ量も大きい。
- (b) 排水性舗装表層からの切削材(13-0mmに分級)30%使用で、大型車走行49kN換算輪数57万輪まで(N₅交通5年程度)で大きな問題は

ない。

2.2.2 日本道路公団試験研究所での検討³⁾⁴⁾

日本道路公団試験研究所(現中日本高速道路(株)中央研究所)では、民間会社6社との共同研究を行い、排水性舗装表層からの切削材を使用したポーラスアスファルト混合物を供用中の中央道の表層に試験施工している。また、同研究所の単独研究として、東名高速の表層にも施工している。その結果、主に以下のことが明らかになっている。

- (a) 旧アスファルトの針入度ではなく、再生混合物のカンタプロ損失率で再生の程度を評価する方法が考えられる。
- (b) 再生骨材中の旧アスファルトの再生には、再生用改質アスファルト、再生用添加剤と改質剤の併用、改質剤入り再生用添加剤の使用が考えられる。
- (c) 空隙率20%のポーラスアスファルト混合物に使用する場合、排水性舗装発生材を13-5mmに分級したものでは再生骨材配合率50%程度が、また、13-0mmに分級したものでは再生骨材を適切な粒度に調整した上で再生骨材配合率50%程度が、それぞれ上限である。
- (d) 排水性舗装発生材を50%使用した再生混合物を舗設した箇所では、供用3年経過時点で大きな問題が発生しておらず、初期性状は、新規ポーラスアスファルト混合物使用箇所と同様である。

2.2.3 東京都土木技術研究所での検討⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾

東京都土木技術研究所(現東京都土木技術センター)では、室内試験および試験施工を行っており、主に以下のことが明らかになっている。なお、密粒

系舗装への再生については、(社)日本アスファルト合材協会との共同研究として実施している。

①密粒系舗装の表層への再生

(表層(排水性舗装)・基層の混合再生骨材を使用)

- (a) 切削速度により、粒度のばらつきが大きい。
- (b) 併設加熱方式の再生アスファルトプラントを使用した場合、ドライヤへの付着、施工性に問題はない。
- (c) N₅交通道路に、排水性舗装発生材を30%使用した再生密粒度アスファルト混合物を舗設した箇所では、供用1年経過時点で問題が発生していない。

②排水性舗装の表層への再生

- (a) N₆交通道路に、排水性舗装発生材を30%使用したポーラスアスファルト混合物を舗設した箇所では、供用3年経過時点で問題が発生していない。

2.2.4 地方整備局等での検討

この他にも、一部の地方整備局において室内試験や試験施工を実施しており、密粒系舗装の表層への再生については、N₇交通道路に排水性舗装発生材を40%使用した箇所において供用1年時点で問題が発生していないこと、排水性舗装の表層への再生については、N₇交通道路に排水性舗装発生材を20%使用した箇所において供用2年時点で問題が発生していないこと等が明らかになってきている。

2.3 残された課題

以上のように、排水性舗装発生材の再生利用技術の確立へ向けて、各方面で検討が行われているところであるが、a) 製造に適した混合条件が明確ではない、b) 排水性舗装発生材を使用した密粒系アスファルト混合物やポーラスアスファルト混合物を重交通の実道へ適用した場合の再生骨材配合率の限界値や供用性、長期の耐久性が明らかになっていない、などの課題も残されているのが現状である。

そこで、本研究では、再生アスファルトプラントにおける製造および直轄国道の重交通に適用した場合の施工性や供用性に関する検討を行うこととした。

3. 再生骨材加熱温度が混合物に与える影響の試験

再生骨材の加熱温度が、再生ポーラスアスファルト混合物の物性に及ぼす影響を把握するために、排水性舗装表層発生材を再生骨材として使用した再生

ポーラスアスファルト混合物を実際の再生アスファルトプラントにおいて製造した。再生骨材の加熱温度を変化させて製造された混合物の物性試験を実施した。

3.1 試験の概要

3.1.1 再生骨材の概要

使用した再生骨材は、舗装修繕の現場において、既設排水性舗装の表層のみ切削した発生材を、中間処理施設で破碎し、13-5mmに分級したものとした。再生骨材の性状を表2に示す。

3.1.2 再生ポーラスアスファルト混合物の製造

再生骨材の加熱温度が、再生ポーラスアスファルト混合物の物性に及ぼす影響を把握するために、間接加熱方式も再現可能な併設加熱方式の再生アスファルトプラントにおいて、混合物製造を行った。再生ポーラスアスファルト混合物の配合は、表3のとおりとし、再生骨材配合率は50%とした。また、再

表2 再生骨材の性状

試験項目		試験結果
通過質量百分率%	19 (mm)	100.0
	13.2	97.4
	4.75	16.3
	2.36	13.1
	600 (μm)	9.3
	300	7.5
	150	5.7
	75	4.0
アスファルト含有量(%)		3.20
最大比重(g/cm ³)		2.531
回収	針入度(1/10mm)	30
アスファルト	軟化点(°C)	77.2

表3 再生ポーラスアスファルト混合物の配合

新アスファルトの種別		高粘度改質アスファルト	
再生用添加剤の種別		オイル系	
改質剤の種別		顆粒状・熱可塑性エラストマー	
空隙率		20%程度	
項目		試験結果	備考(基準値)
骨材配合比(%)	再生骨材	50	再生骨材配合率50%
	6号碎石	42	
	粗砂	5	
	石粉	3	
通過質量百分率(%)	19 mm	100	100
	13.2	96.2	90 ~ 100
	4.75	18.9	11 ~ 35
	2.36	14.4	10 ~ 20
	600 μm	9.7	-
	300	7.7	-
	150	6.3	-
75	4.9	3 ~ 7	
全アスファルト量(%)		4.7	-
旧アスファルト量(%)		(1.57)	対再生骨材 3.20%
再生用添加剤量(%)		(0.20)	対旧アス 12.5%
再生用改質材量(%)		(0.06)	対旧アス+再生用添加剤3%
新アスファルト量(%)		(2.87)	-

生混合物の製造条件は表4のとおりとし、温度測定を実施した。

3.1.3 再生混合物の物性試験

再生混合物の物性を評価するために、カンタブロ試験（試験温度：20℃、-20℃）、圧裂試験（試験温度：20℃、60℃）、据え切り試験（試験温度：60℃）を実施した。また、比較用として、通常のポーラスアスファルト混合物についても試験した。

3.2 試験結果

3.2.1 温度測定結果

温度測定の結果を表5に示す。再生骨材を加熱しない間接加熱の場合、練り上がり温度が目標混合物温度を約40℃下回る130℃となった。一方、再生骨材を加熱する併設加熱の場合は、すべての再生骨材温度について目標混合物温度を満足した。今回のように再生骨材配合率50%となる場合は、間接加熱では、適切な混合物の製造は困難であることが確認されたので、併設加熱が望ましいと考えられる。

3.2.2 物性試験結果

空隙率測定結果を表6に、カンタブロ試験結果を図3に、圧裂試験結果を図4および図5に、据え切り試験結果を図6にそれぞれ示す。

(1) 空隙率試験結果

表6より、再生骨材が常温の供試体は空隙率が目標より2%程度低い傾向にあった。この原因は、再生骨材に含まれる細粒分が十分に混ざり合わず、塊のまま締め固められたためと推察される。一方、再生骨材を130℃以上に加熱した供試体の空隙率はいずれも20%程度であり、細粒分がある程度混ざり合ったものと推察される。

(2) カンタブロ試験結果

図3より、試験温度が20℃、-20℃とも同様な傾向を示しており、再生骨材の加熱温度が常温の場合にカンタブロ損失率が高かった。再生骨材が常温のものは、空隙率が低いにも拘わらず高いカンタブロ損失率を示しており、再生骨材が130℃以上のものは常温のものよりも低いカンタブロ損失率を示した。カンタブロ損失率は再生用添加剤の影響が大きいことを考慮すると、再生骨材が常温の場合は、旧アスファルトを含めた再生骨材中の細粒分が十分に混ざり合わず、その効果が発揮できていなかったものと推察される。

表4 再生ポーラスアスファルト混合物の製造条件

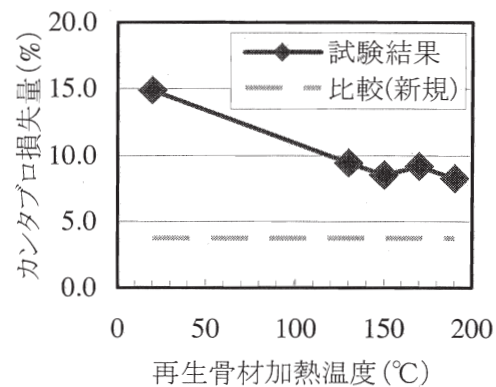
項目	条件
1バッチ当り混合量	2.0 t
ドライミキシング	15 秒
ウェットミキシング	45 秒
目標混合温度	170±15 ℃
新規骨材加熱温度	170 ~230 ℃
再生骨材加熱温度	間接加熱（常温） 併設加熱（130・150・170・190℃）

表5 温度測定結果

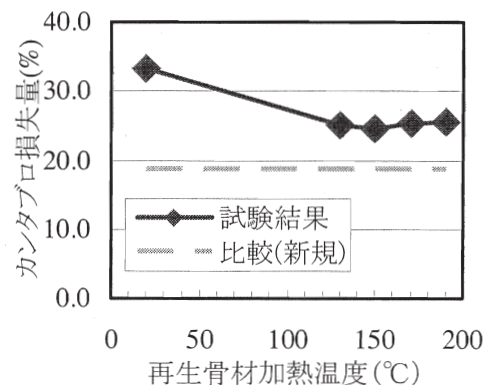
No.	再生骨材温度		新規骨材温度		混合物温度	
	目標値	実測値	目標値	実測値	目標値	実測値
1	常温	22℃	混合物の目標温度をできるだけ満足させる		170℃	130℃
2	130℃	127℃	230℃	234℃	170℃	171℃
3	150℃	152℃	210℃	205℃	170℃	169℃
4	170℃	167℃	190℃	195℃	170℃	175℃
5	190℃	190℃	170℃	172℃	170℃	172℃

表6 空隙率測定結果

混合物種類	再生ポーラスアスファルト混合物					比較
再生骨材温度	常温	130℃	150℃	170℃	190℃	(無し)
空隙率	18.5%	20.6%	19.5%	20.8%	20.4%	20.5%



(a) 再生骨材加熱温度とカンタブロ損失量の関係 (20℃)



(b) 再生骨材加熱温度とカンタブロ損失量の関係 (-20℃)

図3 カンタブロ試験結果

(3) 圧裂試験結果

図4より、圧裂強度/圧裂変位量(試験温度 20℃)に関しては、再生骨材が 130℃以上のものはほぼ同等であるのに対して、再生骨材を加熱しない常温のものは高く硬い値を示し、柔軟性に欠ける性状を示した。これは、カンタブロ試験の結果と同様に、再生骨材が常温の場合は、再生用添加剤の効果が十分に発揮できていないことによると推察される。

一方、図5より、圧裂強度(試験温度 60℃)は、再

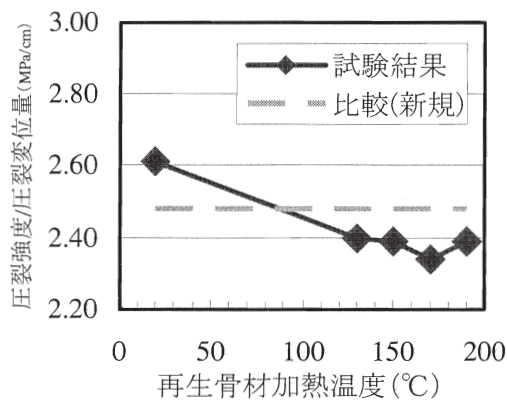


図4 再生骨材加熱温度と圧裂強度/圧裂変位量 (20℃) の関係

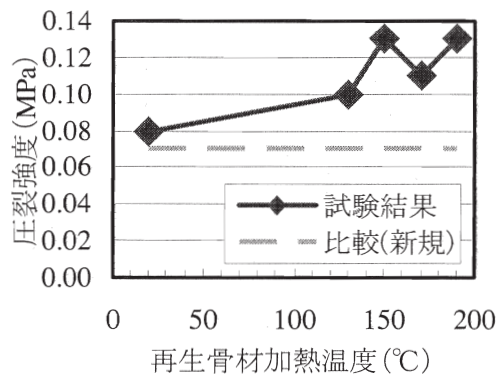


図5 再生骨材加熱温度と圧裂強度 (60℃) の関係

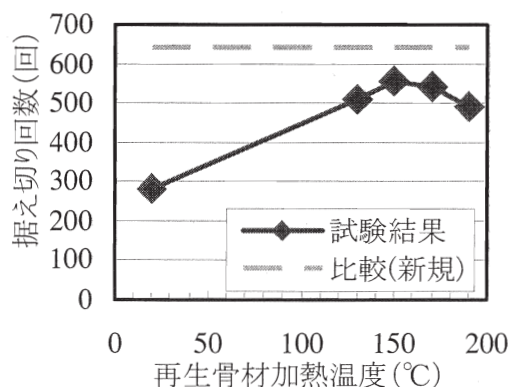


図6 再生骨材加熱温度と据え切り回数 (60℃) の関係

生骨材を 130℃以上に加熱したものは、常温のものより高い値を示した。これは、圧裂強度(試験温度 60℃)は改質剤の影響が大きく、再生骨材が常温の場合は、十分に混ざり合わず、その効果が発揮できていなかったためと推察される。

(4) 据え切り試験結果

図6より、1cm 沈下するまでの据え切り回数は、再生骨材を 130℃以上に加熱したものは、常温のものより多くなった。特に、再生骨材が 150℃、170℃では、新規混合物に近い良好な値を示した。この理由は、圧裂試験(試験温度 60℃)結果と同様と推察される。

(1) ~ (4) より、再生ポーラスアスファルト混合物の製造においては、間接加熱方式では満足な性状が得られず、再生骨材を 130℃以上に加熱した場合に、比較的良好な性状を示した。したがって、再生ポーラスアスファルト混合物の製造においては、間接加熱方式は採用せず、再生骨材の加熱温度を最低でも 130℃以上とし、混合物温度を 170℃程度とすることが必要と考えられる。なお、再生骨材の加熱温度が 150~170℃で最も良好な性状を示したこと、および再生骨材が 130℃の場合では新規骨材が 230℃となり、アスファルトの劣化が懸念されることより、再生骨材は 150℃程度以上まで加熱することが望ましいと考えられる。

4. 直轄国道における試験施工

直轄国道 5 箇所において、排水性舗装表層発生材を密粒系舗装あるいは排水性舗装へ再生利用する試験施工を実施した。

4.1 試験施工の概要

4.1.1 試験施工の検討水準および配置

本試験施工に使用した排水性舗装発生材は、表層切削材のみを対象とした。

密粒系舗装へリサイクルする場合は、再生骨材配合率の限界点を求めることと、配合設計時にアスファルトの回復をどの程度見込むのかを検討することとした。排水性舗装へリサイクルする場合は、目標空隙率を 20%とし、再生骨材粒度調整の要否と、再生骨材配合率の限界点を検討することとした。アスファルトの回復方法はまだ定まった方法がないため、舗装再生便覧¹⁰⁾に紹介された方法であればどれでもよいとし、限定はしなかった。表7に試験施工の検討水準および配置を示す。

表 7 試験施工の検討水準および配置

		密粒系舗装への再生		排水性舗装への再生		
確認事項	項目	北陸地方整備局	九州地方整備局	関東地方整備局	近畿地方整備局	中国地方整備局
再生骨材の粒度	分級	13-0mm	13-0mm	13-5mm, 13-0mm	13-5mm, 13-0mm	
限界配合率 耐久性	再生骨材 配合率	30%	50%, 30%, 20%	30%, 20%	50%, 30%, 20%	
配合設計	バインダ の再生	目標針入度 40, 50, 60	目標針入度 50	カンタプロ損失率 or 目標針入度	カンタプロ損失率 or 目標針入度	

※網掛け部分がその試験施工箇所での検討項目

表 8 試験施工箇所および工事の概要

地整	略称	試験施工 舗設場所	発生材履歴 供用年数	再生骨材の 分級種別	再生骨材配合率	旧アスファルトの再生方法	
北陸	8号白根	国道8号 新潟県白根市	8年	13~0mm	再生材30% (針入度40, 50, 60)	再生用添加剤(オイル系)、改質剤を併用	針入度が40,50,60になるように再生用添加剤量を決め、混合物の性状を満足するように改質剤量を決定する。
九州	3号山鹿	国道3号 熊本県山鹿市	6年	13~0mm	再生材20%, 30%, 50%	再生用添加剤(オイル系)を単独使用	針入度が50となるように再生用添加剤量を決定する。
関東	16号市原	国道16号 千葉県市原市	5年	13~5mm 13~0mm	各再生材20%, 30%	再生用改質アスファルトを使用	目標とする再生ポーラスアスファルト混合物の性状を満足する再生用高粘度改質アスファルトを使用する。
近畿	176号西宮	国道176号 兵庫県西宮市	7年	13~5mm 13~0mm	再生材20%, 30%, 50% 再生材30%	改質剤入り再生用添加剤を単独使用	目標とする再生ポーラスアスファルト混合物の性状を満足するように再生用添加剤量を決定する。
中国	2号下関	国道2号 山口県下関市	7年	13~5mm 13~0mm	再生材20%, 30%, 50% 再生材30%	再生用添加剤、改質剤を併用	目標とする再生ポーラスアスファルト混合物の性状を満足するように再生用添加剤量及び改質剤量を決定する。

4. 1. 2 試験施工の箇所の選定条件

試験施工の箇所の選定においては、以下の条件を満足することとした。

- ・同一材料の排水性舗装表層切削材が600m²分以上得られること。
- ・切削材入手箇所と試験施工舗設箇所が比較的近いこと。
- ・切削材は舗設後5年以上経過した排水性舗装表層であること。
- ・試験施工舗設箇所が原則単路部で、延長が500m程度確保できること。
- ・配合設計や試験練り等に必要時間を考慮し、切削材入手から試験施工舗設までの期間が1.5ヶ月以上確保できること。
- ・加熱効率の観点から、併設加熱方式の再生プラントが試験施工舗設箇所近郊にあること。

なお、各工区の延長については、既往の検討結果等を勘案し、原則100(m/工区)とした。

4. 1. 3 試験施工箇所および工事の概要

試験施工箇所および工事の概要を表8に示す。

4. 2 調査概要

4. 2. 1 発生材の調査

排水性舗装の既設表層部のみを切削し、これを13~0mm および13~5mm に分級して再生骨材とし、粒度、旧アスファルト量、旧アスファルトの性状を

表 9 路面に対する調査

項目	調査時期	
路面性状	平坦性	施工直後、6ヶ月、1年
	わだち掘れ量	※ひび割れ率測定については直後は行わない
	ひび割れ率	
	すべり抵抗	
表面粗さ (MTM)		
路面機能	空隙率 (コア)	施工直後
	現場透水量	施工直後、6ヶ月、1年
	タイヤ近接音	

※路面機能に関する項目は排水性舗装への再生箇所のみ実施

調査した。

4. 2. 2 製造に関する調査

試験施工に使用した再生混合物は、全箇所併設加熱方式の再生プラントで製造した。製造された混合物に対して、カンタプロ試験や動的安定度試験等の物性試験を実施した。また、再生アスファルトプラントでの製造実施者に対して、再生混合物の製造の準備、製造条件に関するアンケート調査を実施した。

4. 2. 3 施工に関する調査

各対象工事について、機械編成等の条件調査を実施した。また、工事实施者に対して施工性に関するアンケート調査を実施した。

4. 2. 4 供用性に関する調査

各試験施工工区について、表9に示すとおり路面に対する調査を実施した。

4.3 調査結果

4.3.1 発生材の性状

(1) 粒度

表10に13-5mmと5-0mmの見かけの分級比率を示す。再生骨材13~5mmを製造する際の13~5mmと5~0mmの分級比率は概ね2:1程度であり、切削時の温度が異なっても見かけの粒度に顕著な差は認められなかった。

図7に旧アスファルト抽出後の骨材粒度を示す。再生骨材13~0mmの2.36mm通過量は多くの場合、舗装設計施工指針¹⁰⁾に示されるポーラスアスファルト混合物の粒度範囲を上回っており、切削時の骨材の破碎等による細粒化の影響が認められた。また、再生骨材13~5mmの場合は、舗装設計施工指針に示される粒度範囲内にあった。

(2) 旧アスファルト量

13-0mmに分級した再生骨材中の旧アスファルト量を図8に示す。下関の再生骨材の旧アスファルト量は3.57%であり、舗装設計施工指針¹⁰⁾に示される値(旧アスファルトの含有量は3.8%以上)を満足していない。また、旧アスファルト量の範囲は3.57%~5.24%であり、ばらつきが大きい。

(3) 旧アスファルトの性状

発生材の旧アスファルトの針入度を図9に、軟化点を図10に示す。

旧アスファルトの針入度は12~32であり、供用年数の経過にともない若干低下する傾向にあった。また、全6試料のうち4試料が舗装設計施工指針¹⁰⁾に示されるに示される値(旧アスファルトの針入度は20以上)を満足しなかった。

旧アスファルトの軟化点は59.5~81.5℃であり、供用年数の経過により低下する傾向にあった。これは、改質剤の経年劣化によるものと思われる。

なお、8号白根の旧アスファルトは寒冷地用の特殊なものであり、通常の高粘度改質アスファルトとは性状の異なるものであることが確認されている。

4.3.2 製造に関する調査結果

(1) 再生混合物の性状

再生アスファルトプラントで製造された再生混合物の物性試験結果を以下に示す。

①再生密粒系アスファルト混合物

再生密粒系アスファルト混合物の動的安定度を図11に示す。すべての配合で再生混合物の動的安定度は目標とした3,000回/mm以上を満足した。また、

表10 みかけの分級比率と切削条件

	分級比率 (%)		切削時の温度 (°C)		切削速度 (m/min)
	13-5mm	5-0mm	気温	路面温度	
16号 市原	72	28	4	5	9
176号 西宮	66	34	9	8	10
2号 下関	60	40	15	15	10
8号 白根	—	—	21	21	8
3号 山鹿	70	30	25	20	7
平均	67	33	—	—	—

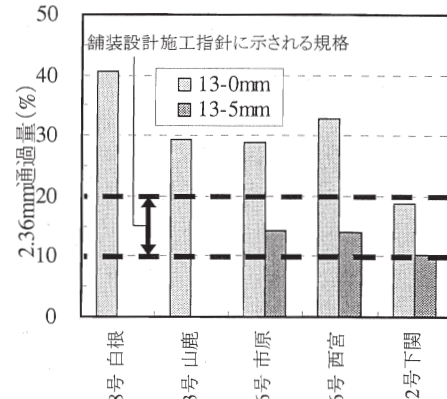


図7 旧アスファルト抽出後の骨材粒度

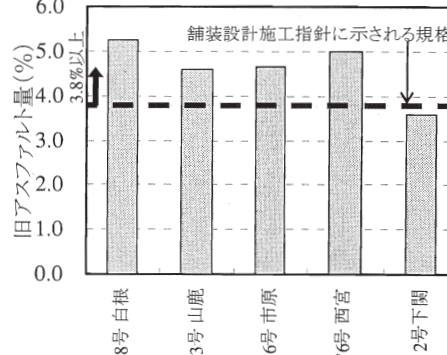


図8 13-0mmに分級した再生骨材中の旧アスファルト量

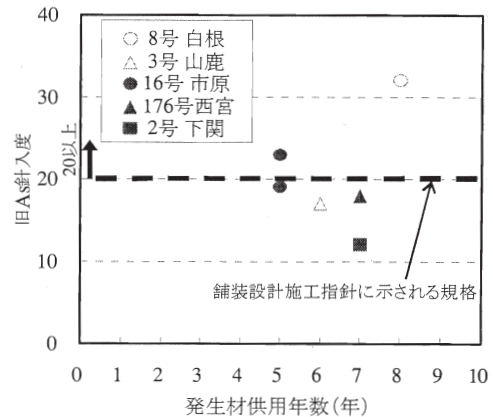


図9 旧アスファルトの針入度

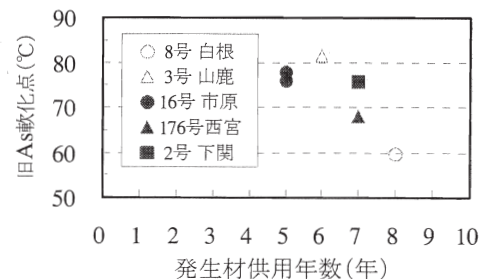


図10 旧アスファルトの軟化点

再生アスファルトの針入度が大きいほど、再生骨材の配合率が高いほど、高い動的安定度を示した。

②再生ポーラスアスファルト混合物

再生ポーラスアスファルト混合物のカンタプロ損失率(20℃)を図12に、動的安定度を図13にそ

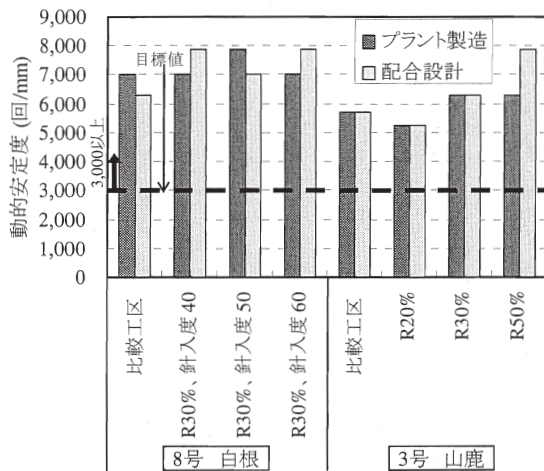


図11 再生密粒系アスファルト混合物の動的安定度

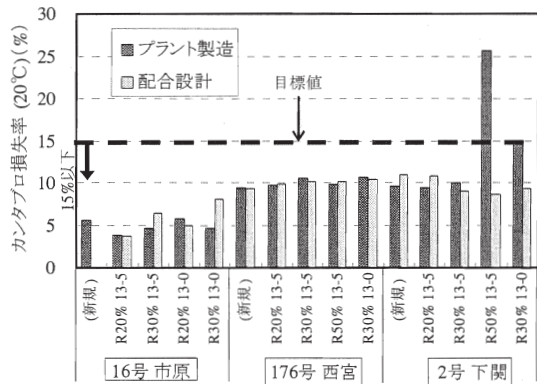


図12 再生ポーラスアスファルト混合物のカンタプロ損失率(20℃)

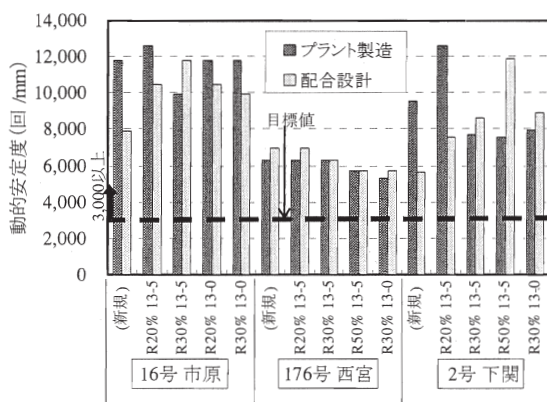


図13 再生ポーラスアスファルト混合物の動的安定度

れぞれ示す。カンタプロ損失率(20℃)は概ね配合設計時に目標とした15%以下を満足したが、再生骨材配合率50%の混合物の中には、カンタプロ損失率が25.6%と大きいものもあった。また、低温のカンタプロ損失率(-20℃)についても、再生骨材配合率50%の混合物の中には値が大きいものがあった。一方、動的安定度については、すべての配合で目標とした3,000回/mm以上を満足した。

(2) プラントへのアンケート結果

混合物製造実施者に対して行った、製造に関するアンケート調査の結果を要約すると以下のとおりである。

- ・排水性舗装発生材および分級製造した再生骨材を分別して貯蔵するスペースの確保が困難である。また、配合設計に時間を要するため、排水性舗装発生材および分級製造した再生骨材の貯蔵が長期間となる。
- ・再生骨材の加熱温度を高くする場合、バグフィルタの燃焼が懸念される。また、適切に温度コントロールをするための技術が必要である。
- ・再生骨材の温度コントロールが難しく、製造の準備に時間を要するため、製造する混合物の種類を切替える際に、廃棄による材料のロスや時間のロスが生じ、製造効率が低下する。
- ・事前に懸念された「再生骨材加熱用ドライヤへのモルタル分の付着」は少なく、通常の再生骨材と同程度である。

以上のように、いくつか解決を要する意見もあったが、適切な温度管理を行うことにより、特に技術的に大きな問題はなく排水性舗装発生材を使用した再生混合物を製造できることが明らかとなった。

4.3.3 施工に関する調査結果

(1) 施工条件

各対象工事とも施工機械編成は通常の密粒系舗装あるいは排水性舗装と同様であり、本試験施工用に特殊な機械などは使用しなかった。

表11に施工時の締固め温度の平均値を示す。

(2) 施工性

現場技術者および施工作業者に対して行った、施工性に関するアンケート調査において指摘された事項は以下のとおりであった。

①密粒系舗装への再生

- ・再生骨材配合率50%の場合、滲みだしや表面のキメが細かい。

- ・ 針入度 40 および再生骨材配合率 20%、30% の場合、敷ならし作業がやや劣る。

②排水性舗装への再生

- ・ 再生骨材配合率 50% の場合、ダンプ荷台への付着が多い。
- ・ 一部工区では、運搬、敷きならし、フィニッシュでの引きずりやダマの発生などで施工性がやや悪い。
- ・ 再生骨材配合率や再生骨材の粒径の違いによる施工性への影響は見られない。

以上のようにいくつかの指摘はあるものの、大半のアンケートでは特別な指摘はなく、すべての工区において特殊な施工機械編成を採っていないこと、および施工直後の路面性状は新規混合物と比較して同等であることから、再生密粒系舗装ならびに再生排水性舗装の施工において明確な課題はないと判断してよいものと思われる。

4.3.4 供用性に関する調査結果

密粒系舗装へ再生した箇所の路面性状調査結果の一例として、図14に8号白根の、図15に3号山鹿の試験舗装の横断凹凸量の経時変化を示す。図14より、再生用添加剤の量に拘わらず、すべての再生工区は新規密粒系混合物を舗設した比較工区と同程度の横断凹凸量となっていることが確認できる。図15より、再生骨材配合率に拘わらず、すべての再生工区は新規混合物を舗設した比較工区と同程度の横断凹凸量となっていることが確認できる。

排水性舗装へ再生した箇所の路面性状調査結果の一例として、図16に16号市原の、図17に176号西宮の、図18に2号下関の試験舗装の横断凹凸量の経時変化を示す。これらによると、すべての再生工区は新規の排水性舗装である比較工区と同程度の横断凹凸量となっていることが確認できる。

以上より、本検討の範囲の配合率においては、施工直後から供用1年程度まで、横断凹凸量は、密粒系舗装表層への再生、排水性舗装表層への再生ともに新規の舗装と同程度の供用性を示すことが明らかとなった。また、この他に、平たん性、すべり抵抗値、路面粗さ、浸透水量、騒音値（浸透水量および騒音値は排水性舗装への再生箇所のみ）を調査したが、すべての項目について、新規の舗装と概ね同等であることが確認できた。

表11 施工時の締め温度

再生種別	評価対象	敷均し温度(°C)	一次転圧温度(°C)
密粒系舗装への再生	8号白根	Pen40	174
		Pen50	174
		Pen60	174
	3号山鹿	R20%	155
		R30%	161
		R50%	150
排水性舗装への再生	16号市原	R20%、13-0	168
		R20%、13-5	164
		R30%、13-0	170
		R30%、13-5	166
	176号西宮	R20%、13-5	149
		R30%、13-0	159
		R30%、13-5	149
		R50%、13-5	150
	2号下関	R20%、13-5	162
		R30%、13-0	160
		R30%、13-5	159
		R50%、13-5	163

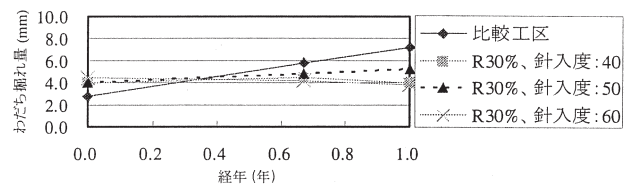


図14 横断凹凸量の経時変化(8号白根)

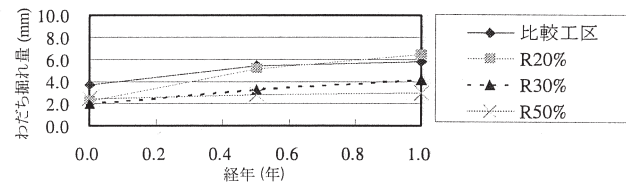


図15 横断凹凸量の経時変化(3号山鹿)

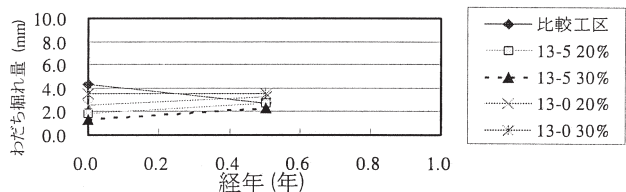


図16 横断凹凸量の経時変化(16号市原)

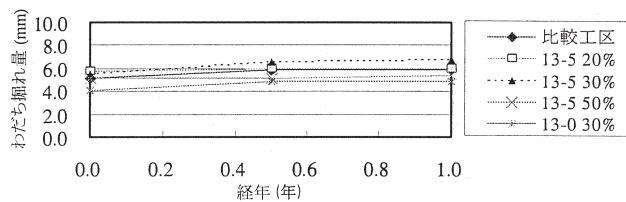


図17 横断凹凸量の経時変化(176号西宮)

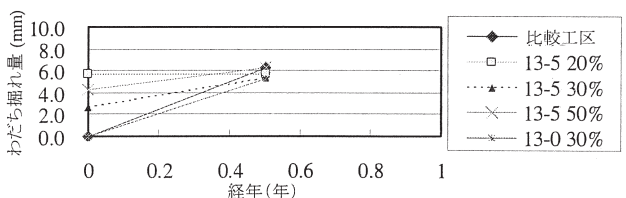


図18 横断凹凸量の経時変化(2号下関)

5. まとめ

排水性舗装発生材の再生利用に関する検討結果をまとめると以下のとおりである。

- ① 排水性舗装発生材を再生混合物に使用する場
合、十分な混合温度を確保するため、再生アス
ファルトプラントは再生骨材を直接加熱する
併設加熱方式やドラムドライヤ方式が適切で
ある。また、再生骨材の加熱温度は 150℃～
190℃程度とし、再生混合物の練り落とし温度
は 170℃程度とすることが望ましい。
- ② 排水性舗装発生材から製造した再生骨材は、切
削による細粒化も確認された。これは、13-5mm
に分級する、あるいは、新規骨材と適切な割合
で配合するなど、適切に粒度調整を行うこと
により、アスファルト混合物に再生することが可
能であることが明らかとなった。
- ③ 排水性舗装発生材を使用した再生混合物の試
験施工においては、再生骨材を 160℃程度まで
上げることで、問題なく製造できた。ただ
し、各プラントにおいて、事前の温度管理試験
練りが必要であった。
- ④ 排水性舗装発生材を使用した再生混合物を舗
設する場合、十分な温度管理を行えば、施工性
は新規混合物とほぼ同等であり、通常の機械編
成で施工できた。
- ⑤ 排水性舗装発生材を使用した再生混合物を舗
設した試験舗装の追跡調査では、供用 1 年後程
度までで新規混合物工区（比較工区）と差が現
れた区間はなかった。ただし、長期供用性が未
確認であることおよび再生混合物の品質のば
らつきを考慮すると、再生密粒系舗装、再生排
水性舗装とも、当面、再生骨材配合率は 30%
程度以下が望ましいものと考えられた。

6. 今後の課題

本研究においては、排水性舗装表層のみの発生材
に対して、供用後 1 年程度までの追跡調査をもって
再生利用方法を提案した。しかし、長期耐久性の確
認が必要である。

一方、再生アスファルト合材プラントには排水性
舗装以外の密粒系舗装の発生材も搬入され、多くの
場合、各々区別して貯蔵できるようにはなっていな
いのが実情である。今後は、本研究において実施し
た試験舗装の長期耐久性を確認するとともに、排水
性舗装発生材と通常の密粒系舗装発生材が混ざった
状態のものを再生するなどの技術を検討していく必
要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省 建設副産物実態調査, 2002
- 2) 新田弘之他:改質アスファルトのリサイクル技術
に関する検討, 土木技術資料46-1, 2004
- 3) 本松資朗:高機能舗装のプラントに関する研
究, アスファルト合材 No.72, 2004
- 4) 神谷恵三:排水性混合物の再生利用への取組み,
アスファルト Vol.47, 2004
- 5) 鈴木勲他:特殊開粒度アスファルト混合物の再生,
平成 12 年度東京都土木研究所年報, p.93-98
- 6) 鈴木勲他:特殊開粒度アスファルト混合物の再生
(その 2), 平成 13 年度東京都土木研究所年報,
p.69-78
- 7) 鈴木勲他:特殊開粒度アスファルト混合物の再生
(その 3), 平成 14 年度東京都土木研究所年報,
p.133-140
- 8) 武本敏男他:平成15年度東京都土木研究所年報,
p.289-292
- 9) 武本敏男他:平成16年度東京都土木研究所年報,
p.55-62
- 10) (社)日本道路協会 舗装設計施工指針(平成18
年版), 2006