

**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**

**平成 18 年 3 月**

**(社)日 本 道 路 協 会**

**舗装委員会 環境・再生利用小委員会**

## 目次

	ページ
1．はじめに	
1 - 1 概要	1
1 - 2 排水性舗装の普及状況	1
1 - 3 アスファルト舗装発生材のリサイクルの現状	1
1 - 4 排水性舗装発生材の今後の見通し	2
1 - 5 ポーラスアスファルト混合物再生の課題	3
1 - 6 舗装発生材の種類と再生舗装タイプ	5
2．調査概要	
2 - 1 調査の目的	6
2 - 2 試験施工の検討水準および配置	6
2 - 3 試験施工箇所の選定条件	6
2 - 4 試験施工対象工事の概要	7
2 - 5 調査項目	8
3．再生骨材の性状に関する調査結果	
3 - 1 粒度	11
3 - 2 旧アスファルト量	12
3 - 3 旧アスファルトの性状	13
4．再生密粒系舗装に関する調査結果	
4 - 1 配合設計方法	14
4 - 2 配合設計の結果	16
4 - 3 プラントで製造した再生密粒系混合物の性状	18
4 - 4 施工直後の路面性状	20
4 - 5 追跡調査	22
5．再生排水性舗装に関する調査結果	
5 - 1 配合設計方法	24
5 - 2 配合設計の結果	27
5 - 3 プラントで製造した再生ポーラスアスファルト混合物の性状	30
5 - 4 施工直後の路面性状	33
5 - 5 追跡調査	35
6．排水性舗装発生材を使用した再生混合物の製造に関する調査結果	
6 - 1 製造の準備	39
6 - 2 再生混合物の製造	40
6 - 3 合材工場に対するアンケート調査結果	40
6 - 4 製造上の工夫	42
7．施工性および施工上の課題	
7 - 1 各対象工事の施工条件	43
7 - 2 施工に関するアンケート調査結果	44
8．まとめ	46
9．今後の課題	48
付録	

## 1. はじめに

### 1-1 概要

本報告書は、排水性舗装発生材を重交通道路の再生アスファルト混合物に再利用する技術を確立するために、(社)日本道路協会舗装委員会の下に設けられた環境・再生利用小委員会が中心となって、国土交通省、独立行政法人土木研究所、(社)日本アスファルト合材協会と連携して取組んだ、直轄国道での試験施工について、配合設計から、製造性、施工性、施工後1年程度までの供用性追跡調査結果をとりまとめたものである。

### 1-2 排水性舗装の普及状況

社会情勢の変化や国民の環境に対する意識の高まり等により、道路への期待も大きく変化している。そのような中、表層に空隙率の大きい多孔質なアスファルト混合物（以下、ポーラスアスファルト混合物と呼ぶ）を使用している排水性舗装は、道路表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の向上効果の他、道路交通騒音の低減効果等も有していることから、平成7年度頃から直轄国道、東京都道、高速道路などで施工されるようになり、最近では地方道においても採用されるようになってきている。図-1.1は直轄国道における排水性舗装面積の経年変化を示しているが、これからも平成7年度以降の排水性舗装の施工面積が急激に増加していることがわかる。

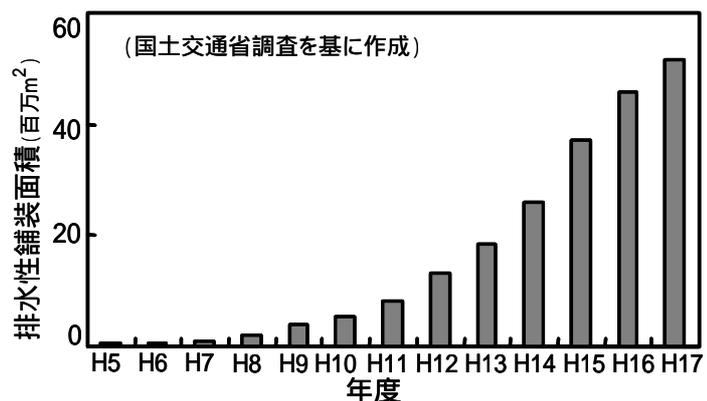


図-1.1 直轄国道の排水性舗装面積の経年変化

### 1-3 アスファルト舗装発生材のリサイクルの現状

産業廃棄物の年間総量約4億トン（平成13年度実績，環境省調査による）のうち建設業からのものはその20%の約8千万トンであり，さらにその36%をアスファルト・コンクリート塊が占めている（平成14年度実績，図-1.2参照，国土交通省調査<sup>1)</sup>による）。

このように発生量の多いアスファルト・コンクリート塊であるが，リサイクル技術への取組みが昭和50年頃から行われており，昭和59年に「舗装廃材再生利用指針（案）」が発刊されて以降，マニュアルの整備が進められ，現在では，全国でリサイクルが可能になっている。さらに，アスファルト・コンクリート塊は，国土交通省が策定した「建設リサイクル推進計画2002」において「国直轄工事においては平成17年度までに最終処分量をゼ

口にする」とされているように、自らの責任において積極的にリサイクルを進めることとしている。こうした技術的、行政的取組みの結果、平成14年度実績で、アスファルト・コンクリート塊の再利用率は99%（図-1.3参照、国土交通省調査<sup>1)</sup>による）と高い水準に達している。

#### 1-4 排水性舗装発生材の今後の見通し

平成15～16年に（社）日本アスファルト合材協会が実施した全国の合材工場へのアンケート結果（付録-7参照）によれば、排水性舗装発生材の受け入れ実績がある工場が約50%となっており、既に排水性舗装発生材は、工場に持ち込まれ始めている状況がわかる。

また、ポーラスアスファルト混合物の製造量<sup>2)</sup>は、図-1.4に示すように、排水性舗装の施工面積の増大にともなって増加してきている。近い将来にはその多くが更新時期を迎えることになり、排水性舗装発生材の量が増大することが予想される。このことから、排水性舗装発生材の再生利用法の確立が求められている。

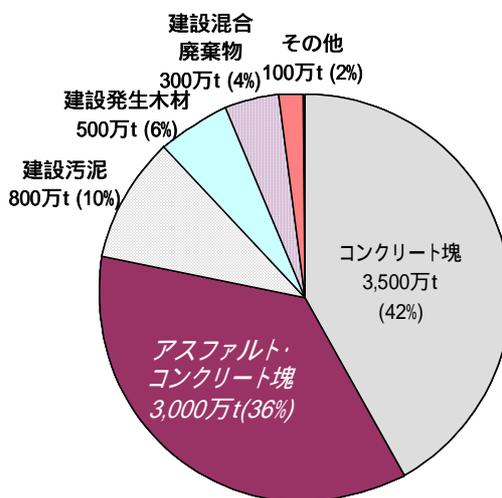


図-1.2 平成14年度建設廃棄物品目別排出量（国土交通省調査）

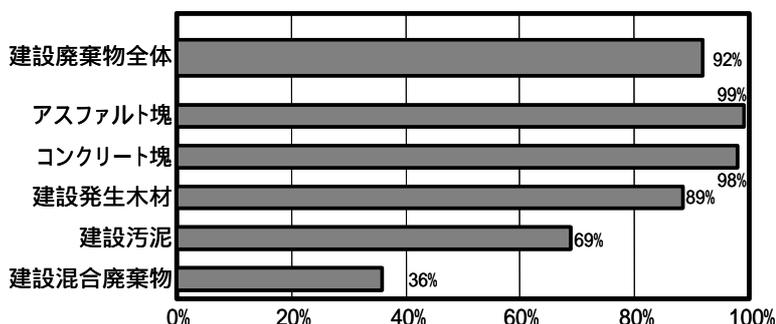


図-1.3 平成14年度建設廃棄物の品目別再資源化率等（国土交通省調査）

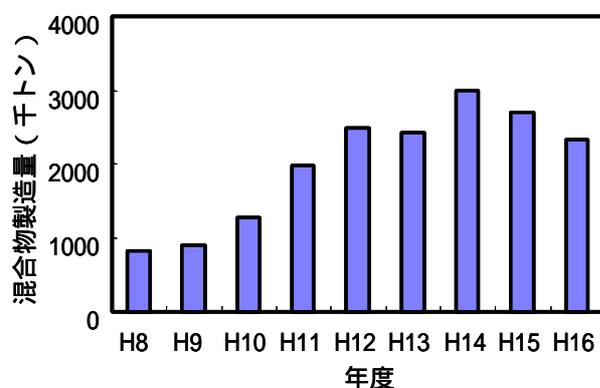


図-1.4 ポーラスアスファルト混合物製造量（（社）日本アスファルト合材協会調査）

## 1 - 5 ポーラスアスファルト混合物再生の課題

排水性舗装に用いられるポーラスアスファルト混合物には、粘性の高い専用の改質アスファルトが用いられていたり、骨材の配合も特殊なものとなっていたりする。このため、排水性舗装発生材は、従来の舗装発生材とは異なる性状を持つことから、再生利用技術が確立されておらず、その検討が急務とされている。

表 - 1.1 に、ポーラスアスファルト混合物の再生への課題を示す。

表 - 1.1 ポーラスアスファルト混合物の再生への課題

項目	ポーラスアスファルト混合物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	<ul style="list-style-type: none"> <li>・アスファルトコンクリート塊が主で切削材もあり</li> <li>・不特定箇所から連続的に搬入</li> </ul>
	性状	<ul style="list-style-type: none"> <li>・切削材は、一般の再生骨材より粒度が細かい</li> <li>・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</li> <li>・再生骨材中の旧アスファルトは抽出して確認可</li> </ul>
配合設計	粒度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・再生骨材の粒度は管理データで可</li> <li>・切削材は定量使用で配合することで対応可</li> </ul>
	基準	<ul style="list-style-type: none"> <li>・適切な評価指標が未確立</li> <li>・再生用添加剤等の材料や性状等の基準なし</li> <li>・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)</li> </ul>
製造・施工	製造	<ul style="list-style-type: none"> <li>・再生骨材単独で加熱する場合、温度が上がりにくい</li> <li>・ドライヤへのアスファルトモルタル付着の懸念</li> <li>・再生骨材の加熱温度の目標値が未確立</li> <li>・専用のストックヤードやコールドビンが必要</li> </ul>
	施工	<ul style="list-style-type: none"> <li>・再生専用の装置有り</li> <li>・切削材は別計量等で対応</li> </ul>
耐久性・供用性		<ul style="list-style-type: none"> <li>・一般の施工機械で施工可能か不明</li> <li>・すりつけ等の手引きの施工性が不明</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・施工機械は新規混合物と同じ</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・重交通道路での供用性や長期の耐久性が不明</li> <li>・再生骨材配合率の限界が不明</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・再生骨材配合率の多少によらず、新規混合物と同等</li> </ul>

これら課題について、独立行政法人土木研究所、日本道路公団試験研究所、東京都土木技術研究所等、各機関において検討が行われていて、その概要は以下に示すとおりである。

### (1) 独立行政法人土木研究所での検討<sup>3)</sup>

独立行政法人土木研究所では、平成12年度より室内試験および大型車による促進載荷試験を行っている。その結果、主に以下のことが明らかになっている。

#### 密粒系舗装への再生

- (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 万輪まで大きな問題はない。

#### 排水性舗装への再生

- (a) 品質のばらつきが大きい。
- (b) ダレ量が大きくなる。
- (c) 骨材飛散抵抗性からは，再生骨材配合率 30%が限界である。
- (d) 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 万輪までで大きな問題はない。

#### ( 2 ) 日本道路公団試験研究所での検討 <sup>4)5)</sup>

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，平成 13 年に，排水性舗装表層からの切削材を 13-5mm に分級したものを 50%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に試験施工している。また，平成 16 年には，排水性舗装表層からの切削材を 13-0mm に分級し，空隙率 20%を確保できるように粒度調整したものを 50%使用したポーラスアスファルト混合物を供用中の東名高速に施工している。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，再生アスファルト混合物の飛散抵抗性（カンタブ口損失率）で再生の程度を評価する方法が考えられる。
- (b) 劣化した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が考えられる。
- (c) 13-5mm に分級した排水性舗装発生材を空隙率 20%のポーラスアスファルト混合物に使用する場合，粒度面から，再生骨材配合率 50%程度が限界である。また，13-0mm に分級した排水性舗装発生材を空隙率 20%のポーラスアスファルト混合物に使用する場合，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%程度が限界である。
- (d) 排水性舗装発生材を 50%使用したポーラスアスファルト混合物を表層に舗設した試験施工箇所では，供用 3 年経過時点で大きな問題が発生していない。また，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。
- (e) プラント再生工法において，排水性舗装発生材を再生利用する場合，施工機械編成，施工管理等は新規の排水性舗装と同様の条件で可能である。

#### ( 3 ) 東京都土木技術研究所での検討 <sup>6)7)8)9)10)</sup>

東京都土木技術研究所（現東京都土木技術センター）では，平成 12 年度より，室内試験および試験施工を行っている。その結果，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。

#### 密粒系舗装への再生（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プラントを使用し，ドライヤへの付着，施工性に問題はない。

(c) 旧 B 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試験施工箇所では，供用 1 年経過時点で問題が発生していない。

#### 排水性舗装への再生

(a) 旧 C 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表層に舗設した試験施工箇所では，供用 3 年経過時点で問題が発生していない。

#### (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，密粒系舗装への再生については，旧 D 交通道路に排水性舗装発生材を 40%使用した舗装において供用 1 年時点で問題が発生していないこと，排水性舗装への再生については，旧 D 交通道路に排水性舗装発生材を 20%使用した舗装において供用 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。

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) 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，長期の耐久性は明らかになっていない，b) 適切な配合設計方法や再生の程度に対する評価方法も定まったものがない，などの課題も残されているのが現状である。

#### 1 - 6 舗装発生材の種類と再生舗装タイプ

密粒系舗装と排水性舗装からの発生材と再生後の舗装の組合せとしては，表 - 1.2 のようなものが考えられる。今回実施した試験施工における再生舗装タイプは，表中の丸印部分であり，排水性舗装発生材のより有効な利用への可能性が検討できるように，排水性舗装特有のポーラスアスファルト混合物部分だけ（表層のみ）を取り出して，再生利用を検討した。

表 - 1.2 舗装発生材の種類と再生舗装タイプ

発生材の種類		再生先の舗装	
		密粒系舗装	排水性舗装
密粒系舗装発生材		\	
排水性舗装発生材	表層・基層混合発生材		
	表層のみ		

- 部分が，今回試験施工を行った再生舗装タイプ
- \ 部分は，すでに技術的に解決された再生舗装タイプ
- 部分は，今後技術的検討が必要な再生舗装タイプ

## 2 . 調査概要

### 2 - 1 調査の目的

本試験施工は、排水性舗装発生材を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へ再生利用するための技術を確立することを目的としている。

### 2 - 2 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については、表層のみを対象とした。

排水性舗装から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。排水性舗装から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、再生骨材の粒度調整、再生骨材配合率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 - 2.1 に試験施工の検討水準および配置を示す。

表 - 2.1 試験施工の検討水準および配置

		排水性舗装発生材 密粒系舗装		排水性舗装発生材 排水性舗装		
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	分級有無	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	かたまり損失率 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

### 2 - 3 試験施工箇所の選定条件

試験施工箇所の選定にあたっては、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 600m<sup>2</sup> 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、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。

## 2 - 4 試験施工の概要

前節までの条件の下に選定した試験施工箇所および工事の概要を表 - 2.2 に示す。また、試験施工工区の配置を図 - 2.1 に示す。

表 - 2.2 試験施工箇所および工事の概要

整理番号	地整	略称	試験施工舗設場所	発生材履歴採取場所	発生材履歴供用年数	再生骨材の種類	再生骨材配合率	旧アスファルトの再生方法	
1	北陸	8号白根	国道8号 新潟県白根市 東萱場地先	国道8号 新潟県白根市 根岸～保坂	8年	再生骨材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	目標とする再生密粒系混合物の性状を満足するように再生添加剤量及び改質剤量を決定する。
2	九州	3号山鹿	国道3号 熊本県鹿本郡 鹿央町千田地内	国道3号 熊本県熊本市 妙体寺町	6年	再生骨材13～0mm	再生材20%, 30%, 50%	再生用添加剤(オイル系)を単独使用	目標とする再生密粒系混合物の性状を満足するように再生添加剤量を決定する。
3	関東	16号市原	国道16号 千葉県千葉市 八幡海岸通	国道14号 千葉県千葉市 美浜区真砂2丁目	5年	再生骨材13～5mm 再生骨材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(カンタプロ損失率)を満足する再生用高粘度改質アスファルトを使用する。
4	近畿	176号西宮	国道176号 兵庫県西宮市 山口町下山口	国道43号 兵庫県芦屋市 打出町, 神戸市大石東町	7年	再生骨材13～5mm 再生骨材13～0mm	再生材20%, 30%, 50% 再生材30%	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添加剤量を決定する。
5	中国	2号下関	国道2号 山口県下関市 長府才川地内	国道2号 山口県下関市 長府江下町	7年	再生骨材13～5mm 再生骨材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添加剤量及び改質剤量を決定する。

北陸地整 8号白根 (片側1車線の内、上下車線) 数字は施工順序

	100m	100m	100m	100m	100m	
	通常施工区間	再生13-0mm 30% 針入度40	再生13-0mm 30% 針入度50	再生13-0mm 30% 針入度60	通常施工区間	三谷方面
新潟方面	通常施工区間	再生13-0mm 30% 針入度40	再生13-0mm 30% 針入度50	再生13-0mm 30% 針入度60	通常施工区間	
	平成17年3月21日夜間			平成17年3月9日夜間		平成17年3月23日夜間

九州地整 3号山鹿 (片側1車線の内、上り車線)

	100m	100m	200m	100m	100m
3.5m	通常施工区間	再生13-0mm 20%		再生13-0mm 30%	再生13-0mm 50%

関東地整 16号市原 (片側2車線の内、上り第1車線)

	100m	400m	90m	10m	110m	100m	10m	100m
3.5m	新規排水性舗装	通常施工区間	再生13-5mm 30%	ニュートラル	再生13-5mm 20%	再生13-0mm 20%	ニュートラル	再生13-0mm 30%

近畿地整 176号西宮 (片側2車線の内、下り第2車線)

	100m	90m	90m	280m	90m	90m
3.5m	再生13-5mm 50%	再生13-5mm 30%	再生13-5mm 20%	通常施工区間	再生13-0mm 30%	新規排水性舗装

中国地整 2号下関 (片側2車線の内、下り第1車線)

	100m	100m	100m	100m	100m
3.5m	再生13-5mm 50%	再生13-5mm 20%	新規排水性舗装	再生13-5mm 30%	再生13-0mm 30%

図 - 2.1 試験施工工区の配置

## 2 - 5 調査項目

本試験施工に関わる調査項目は、密粒系舗装への再生については表 - 2.3 に、排水性舗装への再生については表 - 2.4 に示すとおりである。ただし、発生材の履歴を知るために配合設計書を求めたが、入手できなかった。また、再生混合物の製造や施工性に関する内容について、製造者や施工者にアンケート（付録 - 8，9）を実施した。アンケート結果については、6章，7章に示すこととする。

表 - 2.3 調査項目（密粒系舗装への再生）

項目	内容	詳細	試験条件 (原則として舗装試験法便覧に準拠)	摘要	
発生材	履歴	採取場所			
		供用年数			
		交通量			
		配合設計書( )			
	切削	状況			(表層)
		気温			
		路面温度			
		使用機器			
	性状	旧Asの針入度、軟化点	アブソン回収後		
		旧As量(13-0)	ソックスレ - 抽出		
粒度(13-0)		ソックスレ - 抽出後			
分級比率		クラッシャー後室内ふるい		(13-5:5-0)	
配合設計	再生骨材配合率				
	再生用添加剤	種類			
		添加量		種類毎	
	新As	種類			
		添加量			
	新規骨材	種類			
		配合率			
	混合物	最適再生As量			
		再生後の針入度、軟化点	再生アスファルト		(旧As+再生用添加剤)
		合成粒度			
再生後の針入度、軟化点		アブソン回収後			
試験練り	製造条件	プラント型式			
		再生骨材加熱温度			
		混合時間		(DRY, WET)	
		再生用添加剤投入時期			
		出荷温度			
	混合物	再生As量	ソックスレ - 抽出		
		粒度	ソックスレ - 抽出後		
		動的安定度	排出混合物		
		基準密度			
施工	製造条件	プラント型式			
		再生骨材加熱温度			
		混合時間		(DRY, WET)	
		再生用添加剤投入時期			
		出荷温度			
	混合物	再生骨材配合率			(印字記録)
		再生As量	ソックスレ - 抽出		
		粒度	ソックスレ - 抽出後		
		再生後の針入度、軟化点	アブソン回収後		
		動的安定度	排出混合物		
施工	到着温度				
	ひび割れ率調査	路面性状測定		(施工現場の事前調査)	
	敷均し温度				
	転圧温度				
追跡調査	路面性状	平坦性	3mプロフィルメータ	(直後、6ヶ月、1年、2年) ひび割れ率測定については直後は行わない	
		わだち掘れ量	横断プロフィルメータ		
		ひび割れ率			
		すべり抵抗	DFテストとスキッドレジスタンステスト		
		表面粗さ(MTM)	ミニテクスチャメータ(MTM)		

いずれの工事においても発生材の配合設計書は入手できなかった

表 - 2.4 調査項目（排水性舗装への再生）

項目	内容	詳細	試験条件 (原則として舗装試験法便覧に準拠)	摘要	
発生材	履歴	採取場所			
		供用年数			
		交通量			
		配合設計書( )			
	切削	状況			(表層)
		気温			
		路面温度			
		使用機器			
	性状	旧Asの針入度、軟化点	アブソン回収後		
		旧As量(13-0)	ソックスレ - 抽出		
		" (13-5)	ソックスレ - 抽出		
		" (5-0)	ソックスレ - 抽出		
		粒度(13-0)	ソックスレ - 抽出後		
" (13-5)		ソックスレ - 抽出後			
" (5-0)		ソックスレ - 抽出後			
	分級比率			(13-5:5-0)見かけの粒度	
配合設計	再生骨材配合率				
	再生用添加剤	種類			
		添加量		種類毎	
	新As	種類			
		添加量			
	新規骨材	種類			
		配合率			
	混合物	最適再生As量			
		再生後の針入度、軟化点	再生アスファルト		(旧As+再生用添加剤) (旧As+再生用添加剤+改質剤+新As)
		合成粒度			
再生後の針入度、軟化点		アブソン回収後			
カンタプロ損失率		養生温度： - 20 または20 試験温度：室温		改質アス協のデータも調査した 上で検討	
空隙率		マーシャル供試体のノギス法による測定			
試験練り	製造条件	動的安定度			
		プラント型式			
		再生骨材加熱温度			
		混合時間		(DRY, WET)	
		再生用添加剤投入時期			
	混合物	出荷温度			
		再生As量	ソックスレ - 抽出		
		粒度	ソックスレ - 抽出後		
		カンタプロ損失率	養生温度： - 20 , 20 試験温度：室温		(製造条件毎)
		空隙率	マーシャル供試体のノギス法による測定		
施工	製造条件	動的安定度	排出混合物		
		プラント型式			
		再生骨材加熱温度			
		混合時間		(DRY, WET)	
		再生用添加剤投入時期			
	混合物	出荷温度			
		再生骨材配合率			(印字記録)
		再生As量	ソックスレ - 抽出		
		粒度	ソックスレ - 抽出後		
		再生後の針入度、軟化点	アブソン回収後		
施工	カンタプロ損失率	養生温度： - 20 , 20 試験温度：室温			
	空隙率	マーシャル供試体のノギス法による測定			
	動的安定度	排出混合物			
	到着温度				
	ひび割れ率	路面性状測定		(施工現場の事前調査)	
追跡調査	路面性状	数均し温度			
		転圧温度			
		平坦性	3mプロファイルメータ		(直後、6ヶ月、1年、2年)
		わだち掘れ量	横断プロファイルメータ		ひび割れ率測定については直後は行わない
	路面機能	ひび割れ率			
		すべり抵抗	DFテストとスキッドレジスタンステスト		
		空隙率(コア)	コアのノギス法による測定		(直後)
	現場透水量			(直後、6ヶ月、1年、2年)	
	タイヤ近接音	土研式			
	表面粗さ(MTM)	ミニテクスチャメータ(MTM)			

いずれの工事においても発生材の配合設計書は入手できなかった

## 〔参考文献〕

- 1) 国土交通省 建設副産物実態調査, <http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/region/recycle/refrm.htm>
- 2) (社)日本アスファルト合材協会:アスファルト合材統計年報(平成8年度~平成16年度)
- 3) 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46-1,2004.1
- 4) 本松資朗:高機能舗装のプラント再生に関する研究,アスファルト合材 No.69,2004.1
- 5) 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
- 6) 鈴木勲,武本敏男,峰岸順一:特殊開粒度アスファルト混合物の再生,東京都土木技術研究所年報(平成12年),pp.93-98,2000.9
- 7) 鈴木勲,武本敏男,峰岸順一:特殊開粒度アスファルト混合物の再生(その2),東京都土木技術研究所年報(平成13年),pp.69-78,2001.10
- 8) 鈴木勲,武本敏男,峰岸順一:特殊開粒度アスファルト混合物の再生(その3),東京都土木技術研究所年報(平成14年),pp.133-140,2002.9
- 9) 武本敏男,峰岸順一,鈴木勲:再生した特殊開粒度アスファルト混合物の試験施工,東京都土木技術研究所年報(平成15年),pp.289-292,2003.9
- 10) 武本敏男,峰岸順一,小林一雄:低騒音舗装発生材のプラント再生に関する検討,東京都土木技術研究所年報(平成16年),2004.10

### 3. 再生骨材の性状に関する調査結果

今回の試験施工では、排水性舗装の既設表層混合物のみを切削し、これを13~0mmおよび13~5mmに分級して再生骨材とした。再生骨材の性状（粒度、旧アスファルト量、旧アスファルトの性状）を以下に示す。また、参考のため舗装再生便覧に示されるアスファルトコンクリート再生骨材の品質規格との比較も行っている。

なお、ここでは今回の試験施工で使用した再生骨材に加え、各地整（東北、北陸、中国）で独自に実施している試験のデータも併せて示す。

#### 3 - 1 粒度

##### 1) 見かけの粒度

排水性舗装発生材は、再生密粒系混合物に使用する場合13~0mmに分級し、再生ポーラスアスファルト混合物に使用する場合13~5mmおよび13~0mmに分級して再生骨材とした。

再生骨材13~5mmを製造する際の13~5mmと5~0mmの分級比率は2:1程度であり（表-3.1）、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い。

表 - 3.1 13~5mm と 5~0mm の分級比率

	分級比率 (%)		切削時の温度 ( )		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	-	-	-

## 2) 抽出後の骨材粒度

再生骨材の抽出後の骨材粒度を図 - 3.1 に示す。

再生骨材 13~0mm の 2.36mm 通過量は 18.8~43.1% (平均: 33.0%) であり, 切削時の骨材の破碎等による細粒化の影響が認められる。また, 再生骨材 13~5mm の 2.36mm 通過量は 10.3~14.3% (平均: 12.9%) であり, 舗装設計施工指針に示されるポーラスアスファルト混合物の粒度範囲内にある。

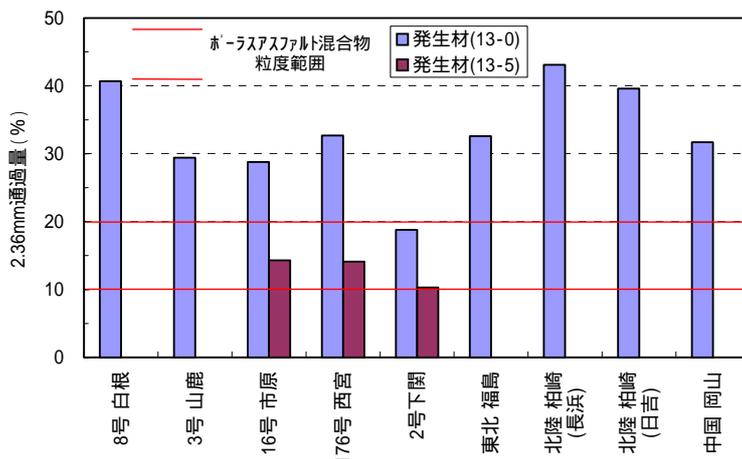


図 - 3.1 再生骨材の 2.36mm 通過量

## 3 - 2 旧アスファルト量

再生骨材中の旧アスファルト量を図 - 3.2 に示す。再生骨材 13~0mm の旧アスファルト量は 3.57~5.44% (平均: 4.73%) であり, 舗装設計施工指針に示される [旧アスファルトの含有量 3.8%] に満たないものもある。また, 再生骨材 13~5mm の旧アスファルト量は 2.51~3.56% (平均: 3.20%) であり, 13~5mm に分級することで旧アスファルト量の変動幅は減少する。

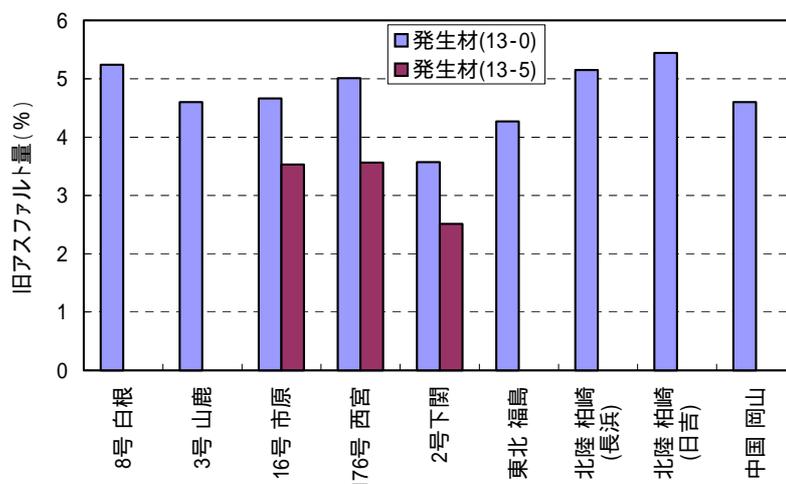


図 - 3.2 再生骨材中の旧アスファルト量

### 3 - 3 旧アスファルトの性状

発生材中の旧アスファルトの針入度および軟化点を図 - 3.3 および図 - 3.4 に示す。

旧アスファルトの針入度は 12 ~ 32 (平均: 20.3) 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る。また, 全 8 試料のうち 5 試料が舗装設計施工指針に示される [旧アスファルトの針入度 20] に満たない。

旧アスファルトの軟化点は 59.5 ~ 93.1 (平均: 72.9) であり, 供用年数の経過により低下する傾向にある。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特殊なバインダ(寒冷地用)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。

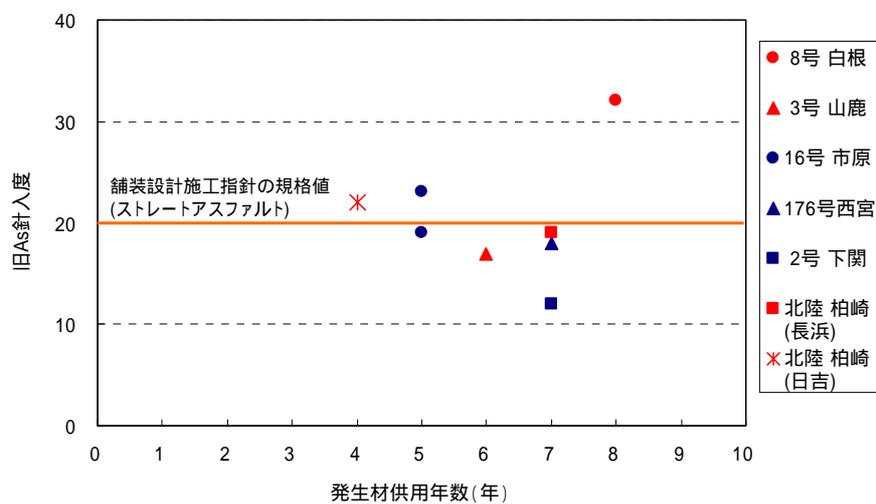


図 - 3.3 旧アスファルトの針入度

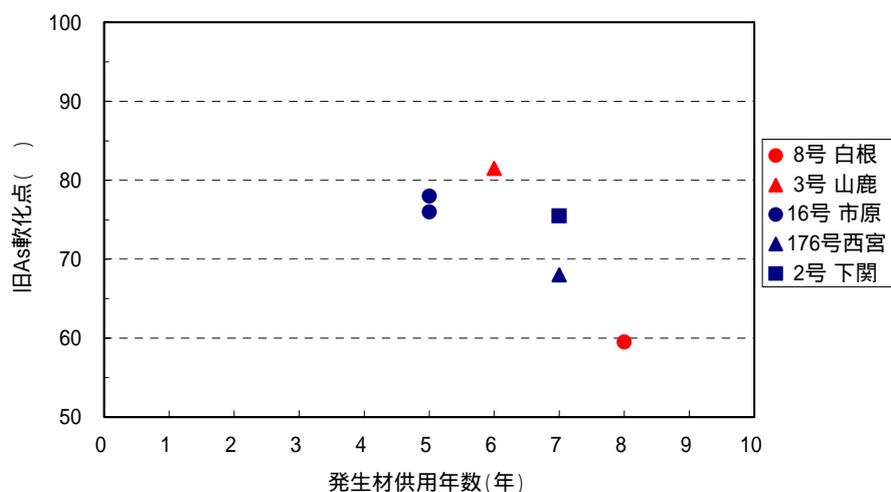


図 - 3.4 旧アスファルトの軟化点

#### 4 . 再生密粒系舗装

調査対象工事 1～2 では、再生密粒系舗装(排水性舗装発生材を使用した再生密粒系混合物を表層に用いた舗装)の試験施工を実施した。ここでは、各工事の配合設計方法、再生密粒系混合物の性状（室内作製混合物およびプラントで製造した混合物）および路面性状の追跡調査結果を示す。

##### 4 - 1 配合設計方法

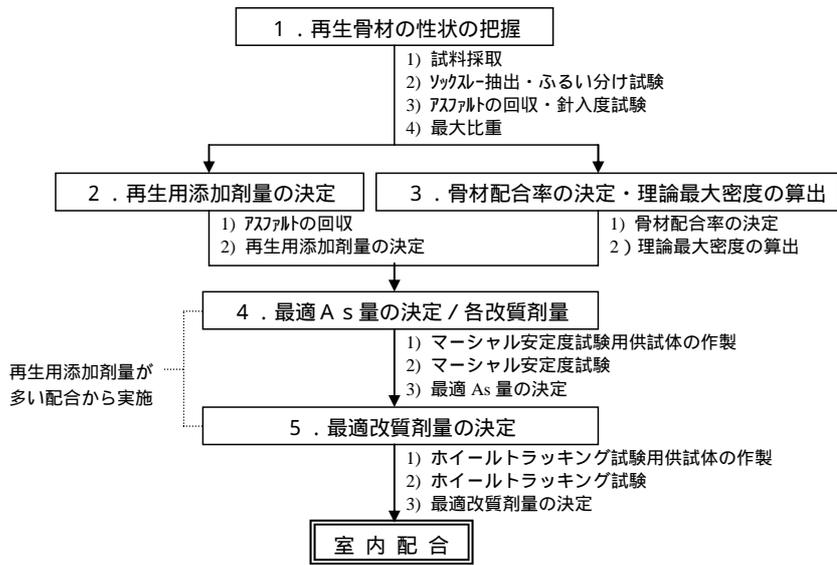
再生密粒系混合物の配合設計方法は、旧アスファルトの再生方法（再生用添加剤、改質剤など）により違いがあるが、いずれも新規混合物と同等の性状を目標としている。

調査対象工事 1(8号白根) 2(3号山鹿)の配合設計における再生の考え方を表 - 4.1 に示す。

調査対象工事 1(8号白根)、2(3号山鹿)の配合設計の基本方針を表-4.1 に、配合設計方法のフローを図 - 4.1 と図 - 4.2 に示す。

表 - 4.1 再生密粒系混合物の配合設計の基本方針

調査対象工事	目標針入度 (1/10mm)	旧アスファルトの再生方法	再生骨材混入率 (%)	再生骨材粒度(利用形態)	目標粒度	混合物の目標性状
1 8号白根	40 50 60	針入度調整：旧 As をオイル系再生用添加剤で目標針入度に調整 新規 As：ストアス + プラントミックス改質剤	30	13-0mm	密粒 (20FH)	改質型を用いた新規混合物 (DS3,000 以上)
2 3号山鹿	50	針入度調整：オイル系再生用添加剤で目標針入度に調整 新規 As：改質アスファルト型	20 30 50	13-0mm	密粒 ギャップ (13)	改質型を用いた新規混合物 (DS3,000 以上)



まず、再生用添加剤量が最も多い配合（目標針入度60）で試験を実施し、必要な改質剤量を求める。再生添加剤量が少ない配合（目標針入度50,40）については、この改質剤量より少ない範囲で試験を実施する。

図 - 4.1 8号白根における再生密粒系混合物の配合設計フロー

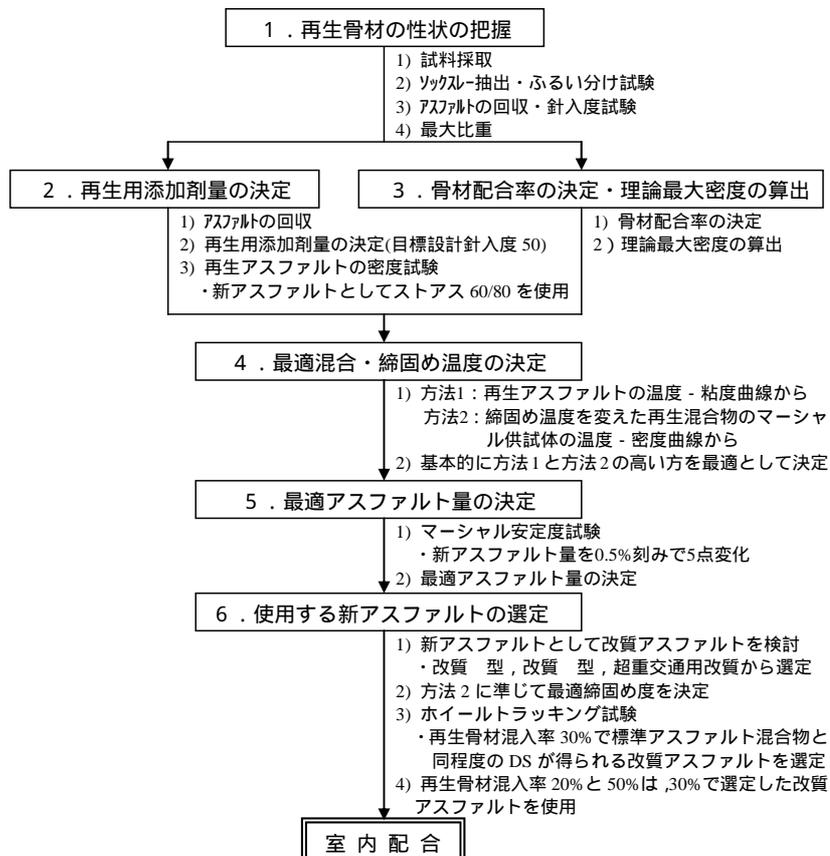


図 - 4.2 3号山鹿における再生密粒系混合物の配合設計フロー

## 4 - 2 配合設計の結果

### 1 ) 骨材配合

再生密粒系混合物の骨材配合は図 - 4.3 に示すとおりである。

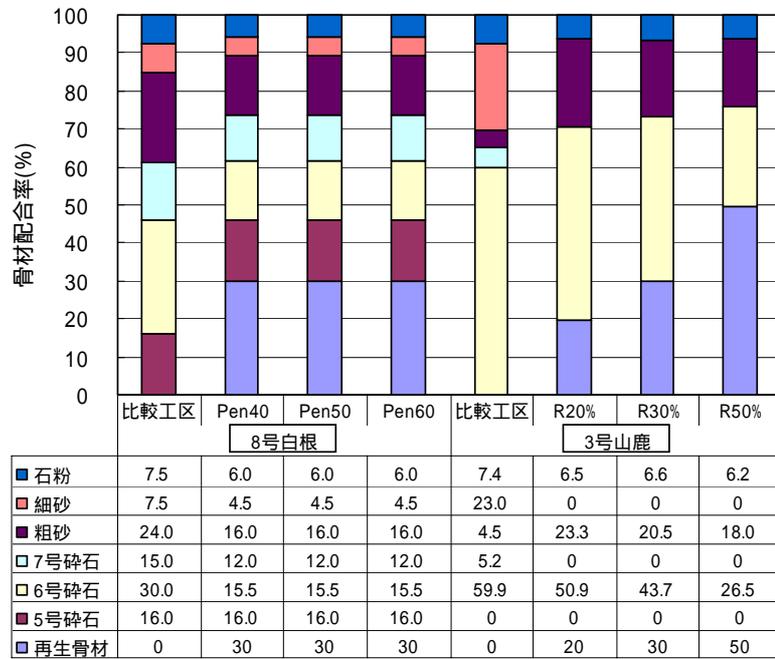


図 - 4.3 再生密粒系混合物の骨材配合

### 2 ) 粒度

- ・ 図 - 4.4 に示すように、再生密粒系混合物の 2.36mm 通過量は、密粒度(20FH) ，密粒度ギャップ(13)、それぞれ舗装設計施工指針に示される粒度範囲に入っている。
- ・ 密粒度ギャップ(13)では再生骨材配合率の増加に伴って、2.36mm 通過量が増加する傾向が見られる。これは、再生骨材の 2.36mm 通過量が多いことが原因と考えられる。

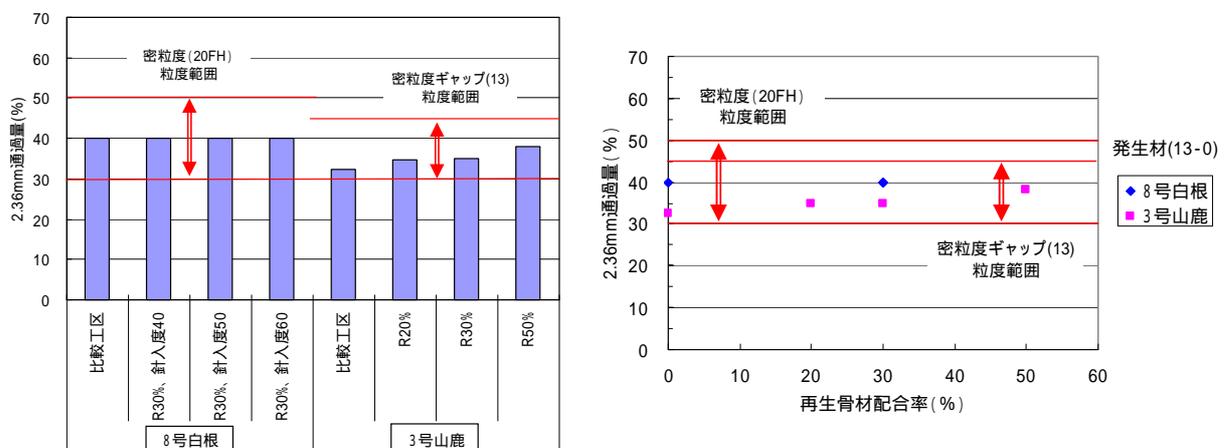


図 - 4.4 再生密粒系混合物の粒度 (2.36mm 通過量)

### 3) 再生密粒系混合物のアスファルト配合

再生密粒系混合物のアスファルト配合は表 - 4.2 に示すとおりである。

表 - 4.2 再生密粒系混合物のアスファルト配合

工区	項目	再生骨材 配合率 (%)	再生用添加剤		新As種類	新As量 (%)	最適 再生As量 (%)
			種類	添加量(% 対旧As量)			
8号白根	比較工区	0	-	-	ストアス60~80 + 改質剤(4.0%) <sup>注)</sup>	5.50	5.5
	R30%、針入度40	30	オイル系	4	ストアス60~80 + 改質剤(2.0%)	3.46	5.2
	R30%、針入度50			8	ストアス60~80 + 改質剤(2.0%)	3.41	5.2
	R30%、針入度60			11	ストアス60~80 + 改質剤(2.5%)	3.33	5.2
3号山鹿	比較工区	0	-	-	改質型	4.80	4.8
	R20%	20	オイル系	20	改質型	3.70	5.1
	R30%	30				3.14	5.1
	R50%	50				2.00	5.1

注) 表中の改質剤とは、プラントミックスタイプの熱可塑性エラストマーである。( )内は新アスファルト(ストアス60~80)に対する添加量を示している。

### 4) 耐流動性

再生密粒系混合物の動的安定度は図 - 4.5 に示すとおりである。

- ・ 動的安定度は、全ての配合で目標とした 3,000 回/mm 以上を満たしている。
- ・ 再生アスファルトの針入度の違いと動的安定度には明確な関係は見られない。
- ・ 再生骨材配合率が高いほうが再生密粒系混合物の動的安定度も大きい傾向にある。

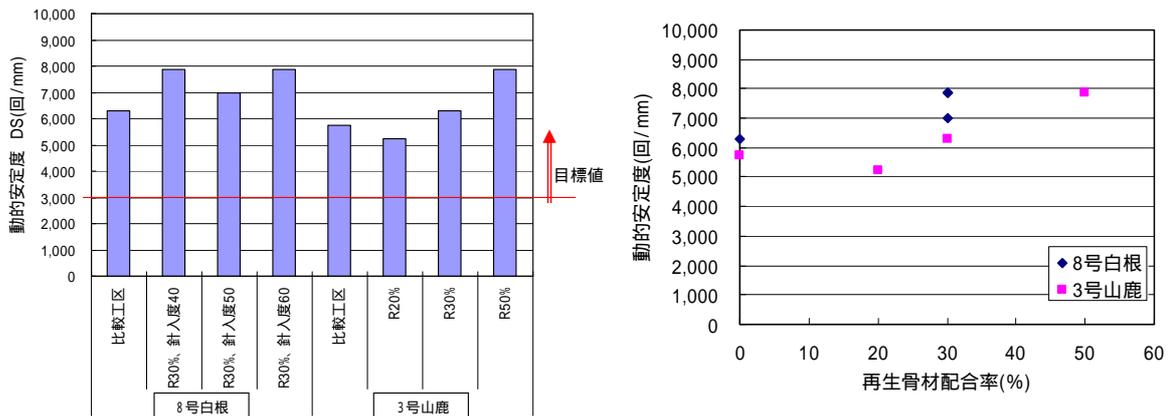


図 - 4.5 再生密粒系混合物の動的安定度

#### 4 - 3 プラントで製造した再生密粒系混合物の性状

##### 1) 現場配合

再生密粒系混合物の現場配合は表 - 4.3 に示すとおりである。

なお、試験練り結果を踏まえた配合設計時からの修正点は以下のとおりである。

- ・ 3号山鹿 R50%の再生アスファルト量は、配合設計では5.1%であったが、試験練りの結果からアスファルト被膜の形成が不十分と判断されたため、配合設計時の最適再生アスファルト量より0.3%多い5.4%で実施した。

表 - 4.3 再生密粒系混合物の現場配合

工区	項目	再生骨材 (%)	骨材配合(%)							再生用添加剤 (%)	改質剤 (%)	新As量 (%)	再生As (%)
			サブドライヤ		4ピン	3ピン	2ピン	1ピン	石粉				
			13-0	R材 粗目砂									
8白根	比較工区	0	-	-	16.0	26.5	19.0	31.0	7.5	-	-	5.50	-
	R30%、針入度40	30	30.0	16.0	18.7	10.9	13.4	5.0	6.0	0.07	0.10	3.46	5.2
	R30%、針入度50	30	30.0	16.0	18.7	10.9	13.4	5.0	6.0	0.12	0.10	3.41	5.2
	R30%、針入度60	30	30.0	16.0	18.7	10.9	13.4	5.0	6.0	0.17	0.13	3.33	5.2
3号山鹿	比較工区	0	-	-	-	54.2	8.6	24.7	7.70	-	-	4.80	-
	R20%	20	19.3	-	-	47.6	-	22.8	6.12	0.18	-	4.00	5.1
	R30%	30	29.2	-	-	41.0	-	19.8	6.28	0.28	-	3.44	5.1
	R50%	50	49.3	-	-	25.1	-	16.7	5.83	0.47	-	2.60	5.4

##### 2) 粒度

プラントで製造した再生密粒系混合物の粒度（2.36mm 通過量）を図 - 4.6 に示す。

- ・ 再生密粒系混合物の2.36mm 通過量は、密粒度(20FH)、密粒度ギャップ(13)、それぞれ舗装設計施工指針に示される粒度範囲に入っている。
- ・ 密粒度ギャップ(13)では、配合設計に対して2.36mm 通過量の差が大きい。特に、再生骨材混入率50%で配合設計時より5.4%低くなっている。これらは、再生骨材の粒度の変動(バラツキ)によるものと考えられる。

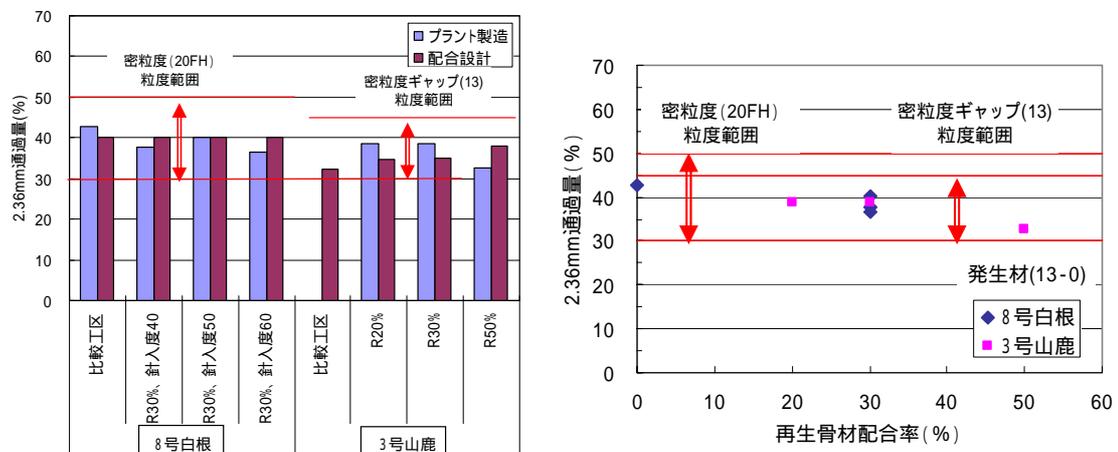


図 - 4.6 プラントで製造した再生密粒系混合物の粒度（2.36mm 通過量）

### 3) 抽出アスファルト量と回収アスファルト性状

抽出アスファルト量と回収アスファルト性状を表 - 4.4 に示す。

表 - 4.4 抽出アスファルト量と回収アスファルト性状

工区	項目	設計 再生As量 (%)	プラント製造 混合物 抽出As量 (%)	回収アスファルト			
				針入度(1/10mm)		軟化点( )	
				配合設計	プラント製造	配合設計	プラント製造
8号白根	比較工区	5.5	5.62	62	49	59.0	57.0
	R30%、針入度40	5.2	5.01	39	43	57.5	58.0
	R30%、針入度50	5.2	5.10	51	46	54.5	57.5
	R30%、針入度60	5.2	4.90	64	51	52.0	58.0
3号山鹿	比較工区	4.8	4.83	53	48	65.0	63.7
	R20%	5.1	5.11	45	52	58.0	58.0
	R30%	5.1	5.05	45	48	59.0	58.5
	R50%	5.4	5.38	44	50	59.0	58.0

注) 8号白根の比較工区の配合設計時の針入度と軟化点は、アブソン回収後の性状ではなく、ストレートアスファルト(pen60/80)に所定量の改質剤を添加・混合した直後の性状

### 4) 耐流動性

プラントで製造した再生密粒系混合物の動的安定度測定結果を図 - 4.7 に示す。

- ・ プラントで製造した再生密粒系混合物の動的安定度は、全ての配合で目標とした3,000回/mm以上を満たしている。
- ・ 再生アスファルトの針入度が大きいと高い動的安定度を示す傾向が見られる。
- ・ 再生骨材の配合率が高いと高い動的安定度を示す傾向が見られる。
- ・ プラントで製造した再生密粒系混合物の動的安定度は、配合設計時と比較して低下する傾向が見られる。

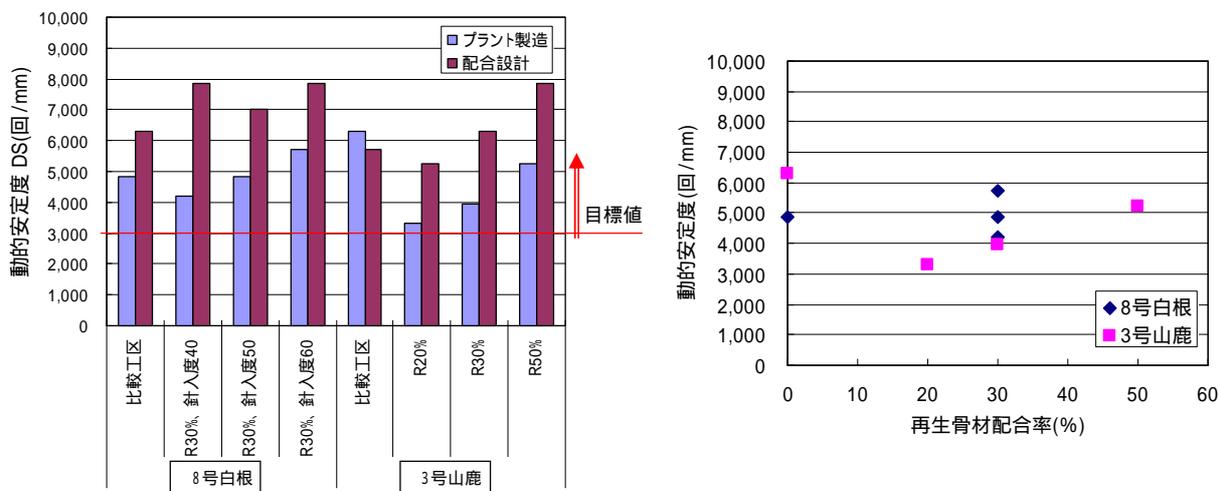


図 - 4.7 プラントで製造した再生密粒系混合物の動的安定度

#### 4 - 4 施工直後の路面性状

試験施工箇所の施工直後の路面性状（平たん性，わだち掘れ，すべり抵抗値，路面粗さ）は図 - 4.8 ~ 図 - 4.12 に示すとおりである．図は，棒グラフと散布図の2つのタイプを左右並べて示した．

再生骨材配合率や針入度が変化しても路面性状の各特性値は新規混合物とほぼ同等である．

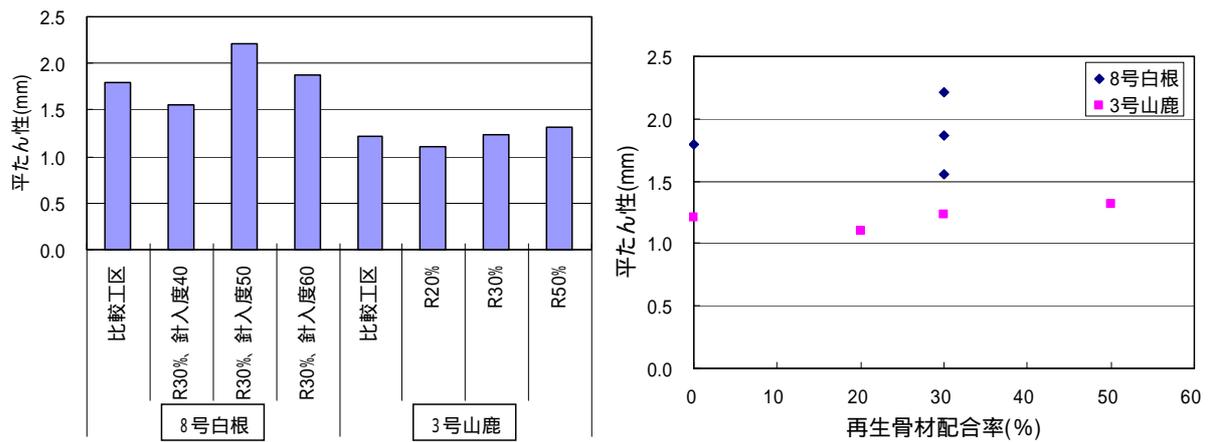


図 - 4.8 平たん性

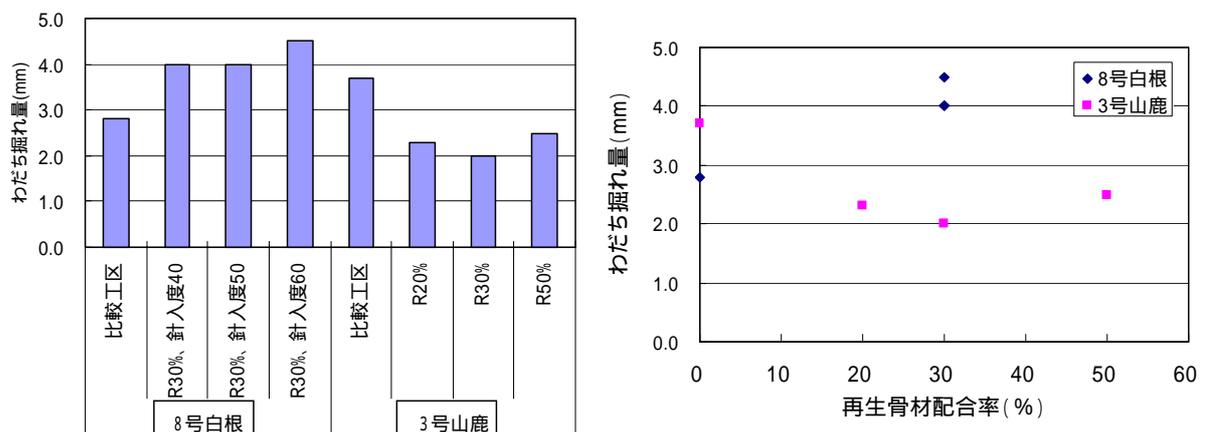


図 - 4.9 わだち掘れ量

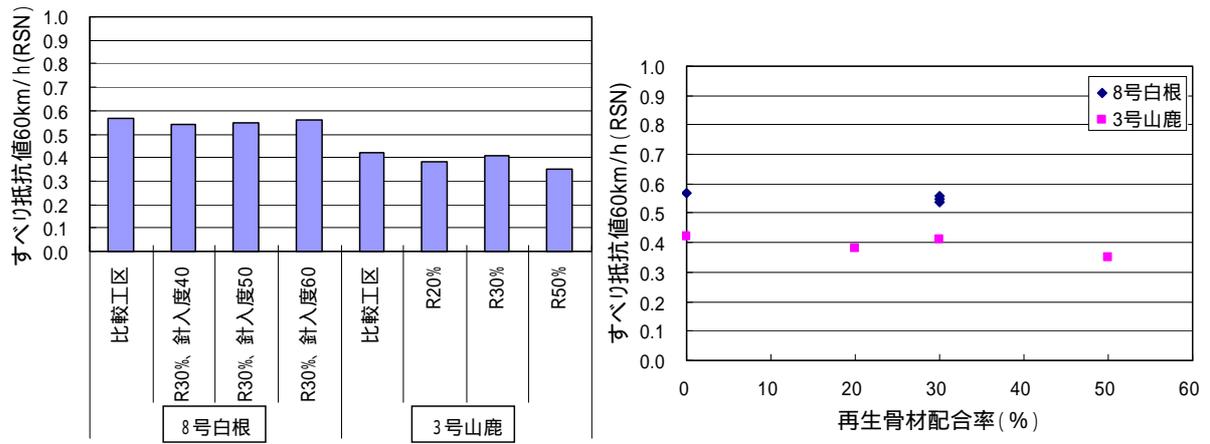


図 - 4.10 すべり抵抗値 (DFT , 60km/hr)

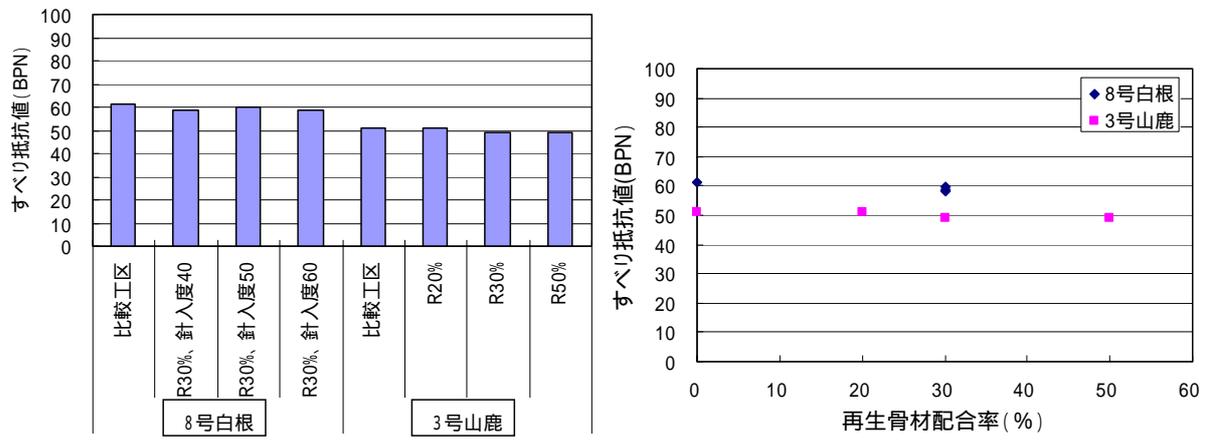


図 - 4.11 すべり抵抗値 (BPN)

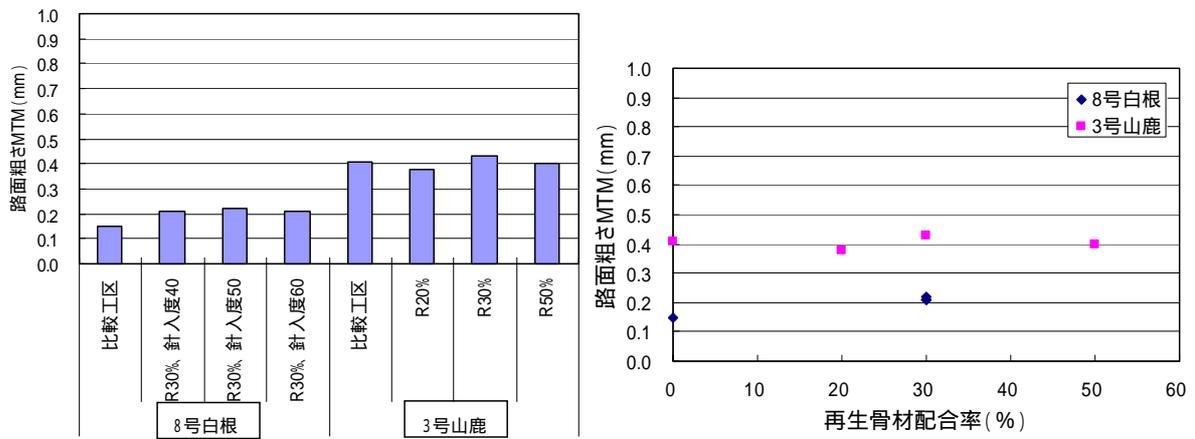


図 - 4.12 路面粗さ (MTM)

#### 4 - 5 追跡調査

路面性状(平たん性, わだち掘れ, すべり抵抗値, 路面粗さ)の追跡調査結果は図 - 4.13 ~ 図 - 4.17 に示すとおりである。現時点では供用期間が短く, 路面性状に大きな変化は見られない。また, 混合物の種類による違いも認められない。

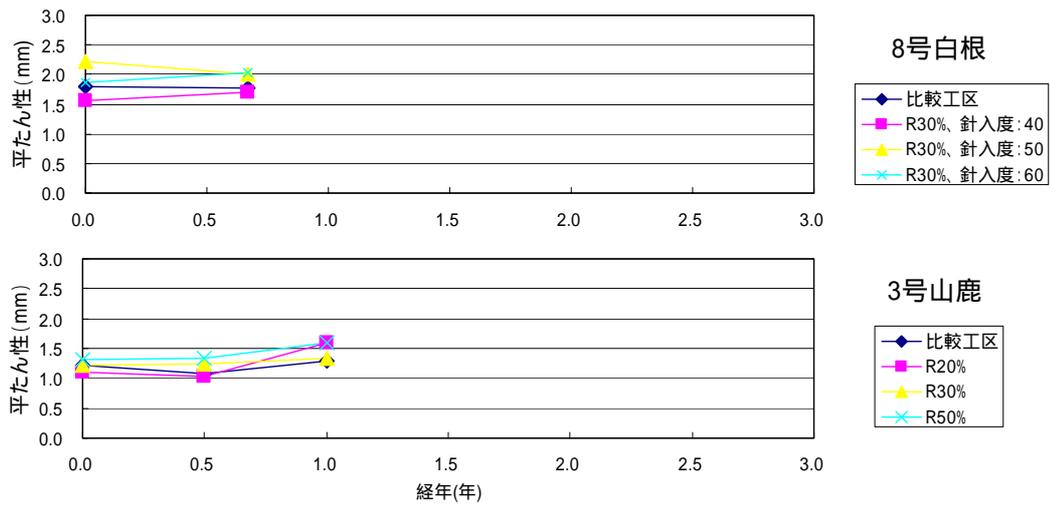


図 - 4.13 平たん性

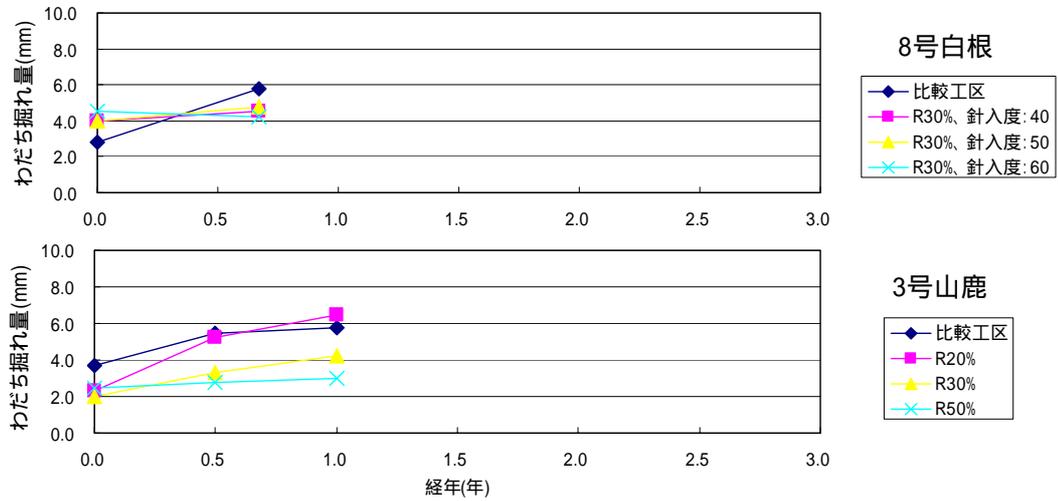


図 - 4.14 わだち掘れ量

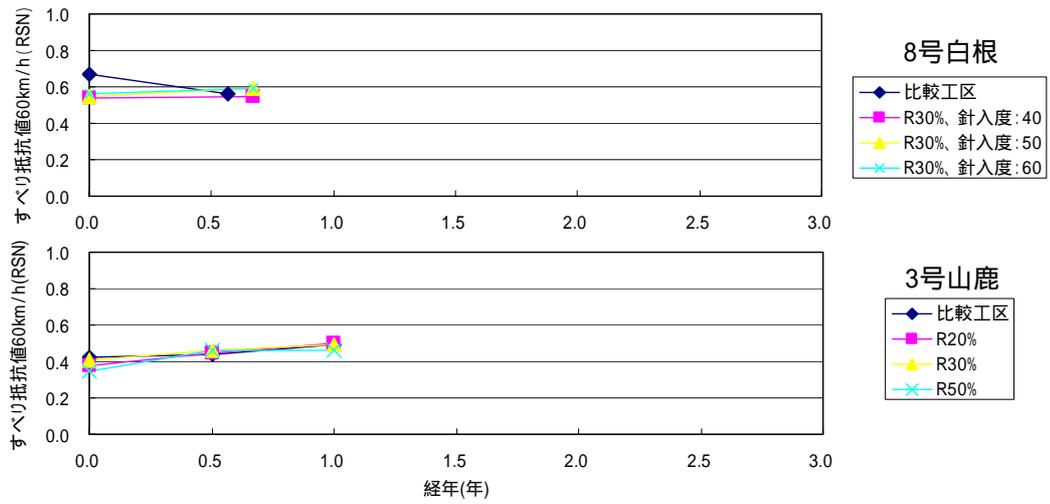


図 - 4.15 すべり抵抗値 (DFT , 60km/hr)

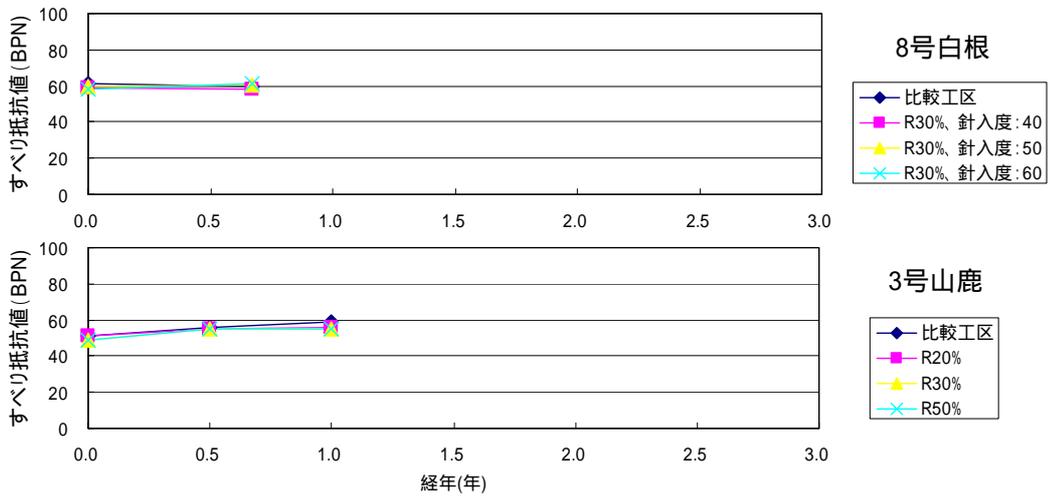


図 - 4.16 すべり抵抗値 (BPN)

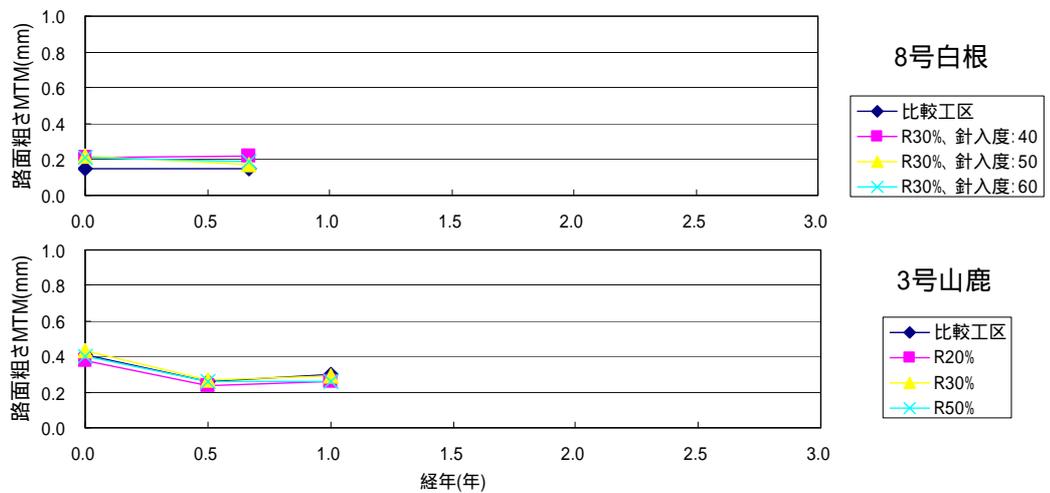


図 - 4.17 路面粗さ (MTM)

## 5 . 再生排水性舗装に関する調査結果

調査対象工事 3～5 では、再生排水性舗装（排水性舗装発生材を使用した再生ポーラスアスファルト混合物を表層に用いた舗装）の試験施工を実施した。ここでは、各工事の配合設計方法、再生ポーラスアスファルト混合物の性状（室内作製混合物およびプラントで製造した混合物）および路面性状の追跡調査結果を示す。

### 5 - 1 配合設計方法

再生ポーラスアスファルト混合物の配合設計方法は、旧アスファルトの再生方法（再生用添加剤、改質剤、再生用アスファルトなど）により若干の違いがあるが、いずれも新規ポーラスアスファルト混合物と同等の性状を目標としている。

調査対象工事 3～5 の配合設計の基本方針を表 - 5.1 に、配合設計方法のフローを図 - 5.1 および図 - 5.2 に示す。

表 - 5.1 再生ポーラスアスファルト混合物の配合設計の基本方針

調査対象工事	再生骨材	再生骨材配合率 (%)	空隙率 (%)	旧アスファルトの再生方法	再生の程度の指標	混合物の目標性状
3 16号 市原	13～5mm	20, 30	20	再生用アスファルトを使用	カンタプロ 損失率 または 針入度 )	新規混合物と同等 または ・カンタプロ(20 ) 損失率 15% ・DS 3000回/mm
	13～0mm	20, 30				
4 176号 西宮	13～5mm	20, 30, 50		再生用添加剤（改質剤入り）を使用		
	13～0mm	30				
5 2号 下関	13～5mm	20, 30, 50		再生用添加剤と改質剤を使用		
	13～0mm	30				

) 本試験施工では、3現場ともカンタプロ損失率を指標とした。

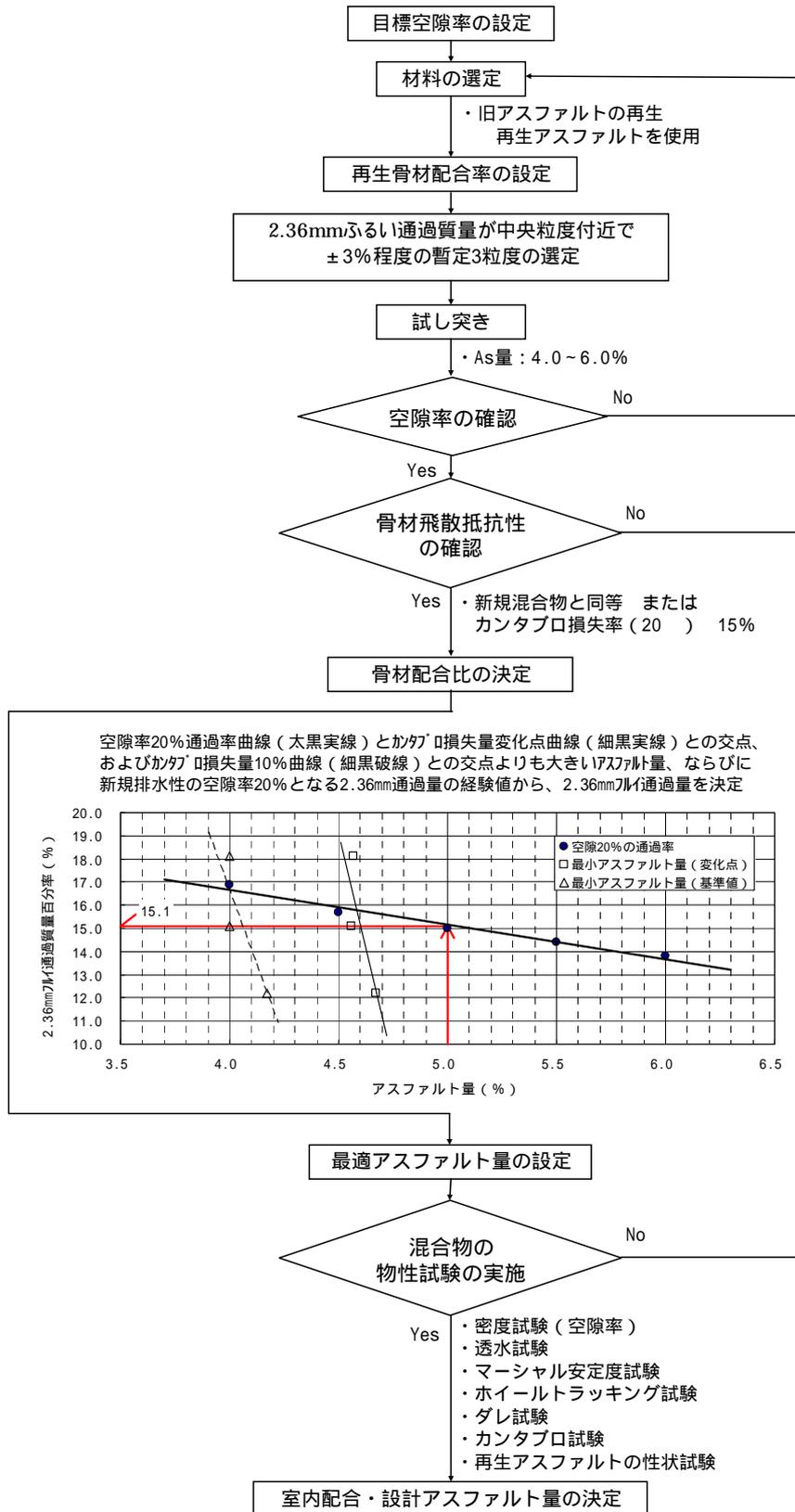


図 - 5.1 調査対象工事 1 (16号 市原)における再生ポ<sup>レ</sup>ラスアスファルト混合物の配合設計フロー

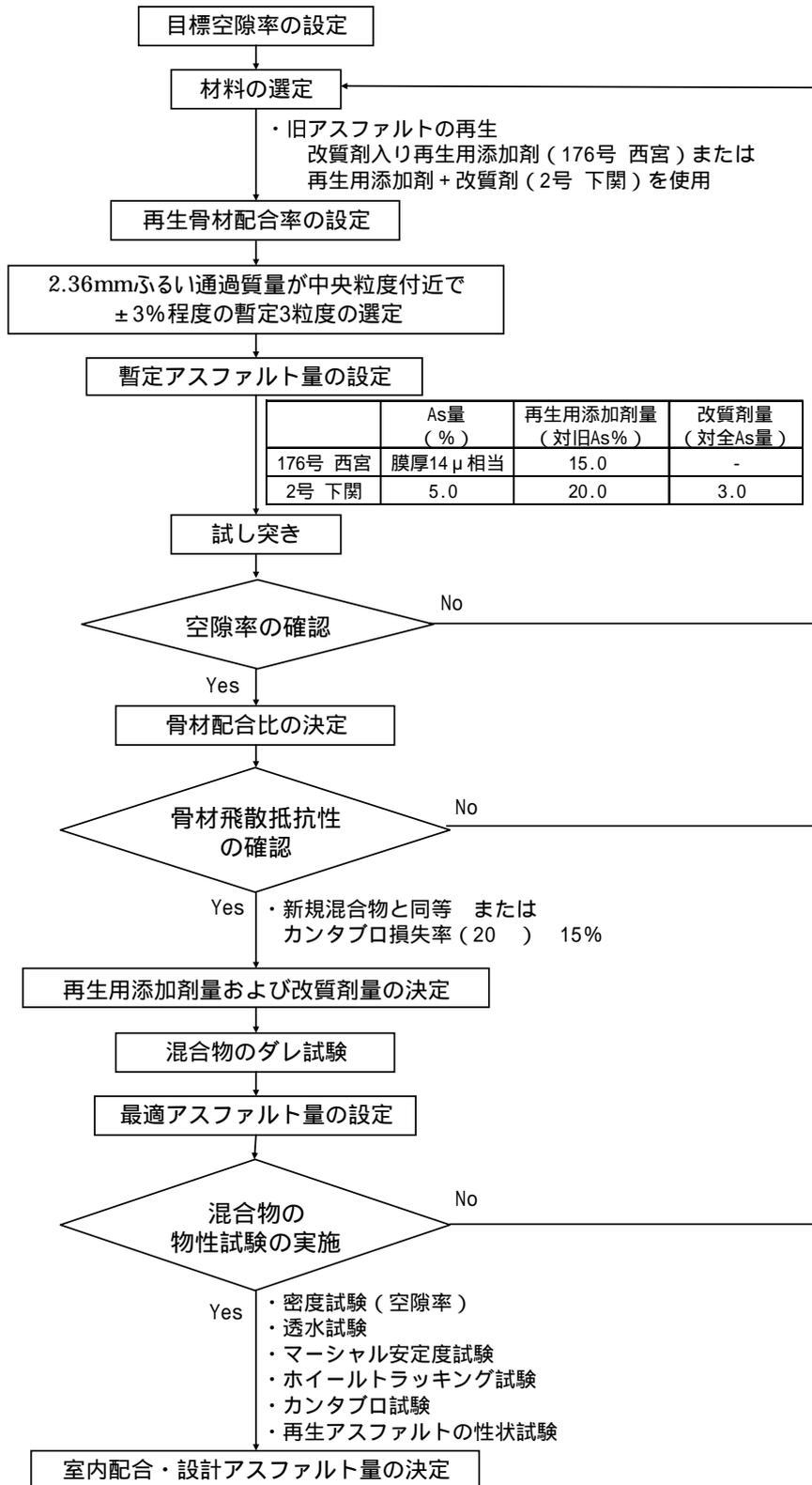


図 - 5.2 調査対象工事 2（176号 西宮）および調査対象工事 3（2号 下関）における再生ポラスアスファルト混合物の配合設計フロー

## 5 - 2 配合設計の結果

### 1 ) 骨材配合

再生ポラスアスファルト混合物の骨材配合を図 - 5.3 に示す .再生ポラスアスファルト混合物の再生骨材配合率は再生骨材 13～5mm を使用する場合 50%程度 ,再生骨材 13～0mm を使用する場合 30%程度が上限となる .再生骨材配合率がこれを超えると ,2.36mm 通過量が過剰となり ,空隙率 (目標 : 20%) の確保が困難となる .

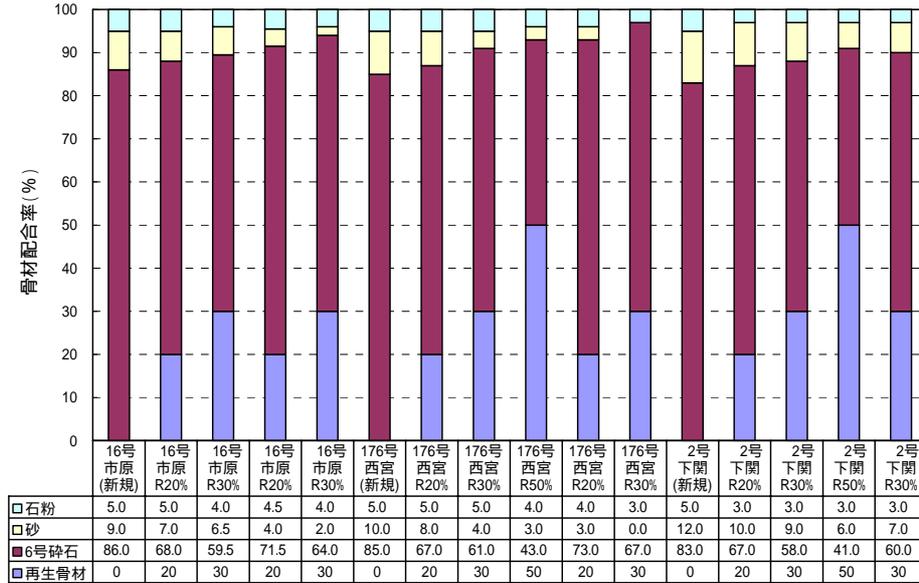


図 - 5.3 再生ポラスアスファルト混合物の骨材配合

### 2 ) 粒度

再生ポラスアスファルト混合物の 2.36mm 通過量は 12.7～16.3% (平均 : 14.3%) の範囲にあるが ,再生骨材の種類 (13～5mm , 13～0mm ) や再生骨材配合率などにより明確な傾向は見られない (図 - 5.4) .

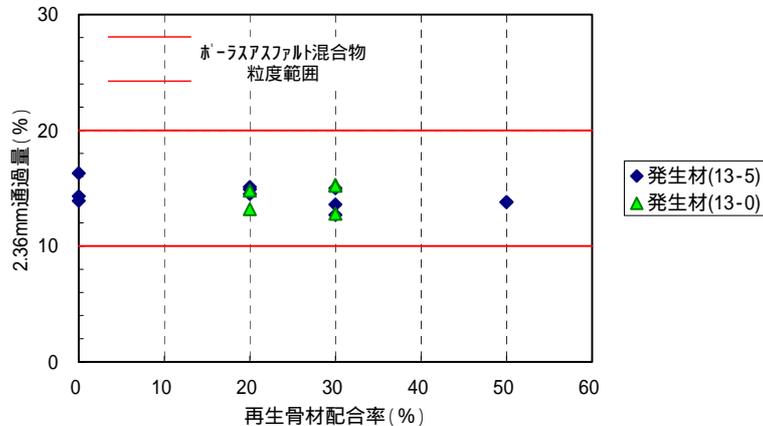


図 - 5.4 再生ポラスアスファルト混合物の粒度 ( 2.36mm 通過量 )

### 3) 再生ポーラスアスファルト混合物中の再生アスファルトの配合

再生ポーラスアスファルト混合物中の再生アスファルトの配合を表 - 5.2 に示す。

表 - 5.2 再生アスファルトの配合

工区	項目	再生骨材配合率 (%)	旧As量	再生用添加剤			新As種類	新As量 (%)	最適再生As量 (%)
				種類	添加剤量 (対旧As%)	改質剤量 (対全As%)			
16号市原	比較工区	0	-	-	-	-	高粘度改質As	4.70	4.7
	R20%, 13-5	20	0.71	-	-	-	再生用As (改質剤入り)	4.29	5.0
	R20%, 13-0	20	1.06					3.94	5.0
	R30%, 13-5	30	0.91					4.19	5.1
	R30%, 13-0	30	1.37					3.73	5.1
5.00		5.0							
176号西宮	比較工区	0	-	-	-	-	高粘度改質As	4.48	5.2
	R20%, 13-5	20	0.70	オイル系 (改質剤入り)	-	3.0		4.95	5.1
	R30%, 13-5	30	1.06			8.9		3.22	5.0
	R30%, 13-0	30	1.50			18.2		3.19	5.2
	R50%, 13-5	50	1.74			15.0		4.90	4.9
		4.12	4.8						
2号下関	比較工区	0	-			-	-	-	高粘度改質As
	R20%, 13-5	20	0.55	オイル系 + 改質剤	3.0	10.0	3.30	4.8	
	R30%, 13-5	30	0.84			20.0	3.01	4.8	
	R30%, 13-0	30	1.19			20.0	3.30	4.8	
		50	1.38			25.0	3.01	4.8	

### 4) 骨材飛散抵抗性

再生ポーラスアスファルト混合物のカンタブロ損失率を図 - 5.5 (20) および図 - 5.6 (-20) に示す。

- ・ カンタブロ損失率 (20) は 3.7~10.9% (平均: 8.8%) であり, 全ての配合で目標とした 15% 以下を満たしている。
- ・ 再生用アスファルトを用いた再生ポーラスアスファルト混合物は, 再生用添加剤を用いたものと比べカンタブロ損失率 (20, -20) が小さい傾向にある。
- ・ 再生用アスファルトを用いた再生ポーラスアスファルト混合物は, 再生骨材配合率の増加によりカンタブロ損失率 (20, -20) が増加する傾向にある。再生用添加剤を用いたものは, 再生骨材配合率が変化してもカンタブロ損失率 (20, -20) はほぼ一定である。

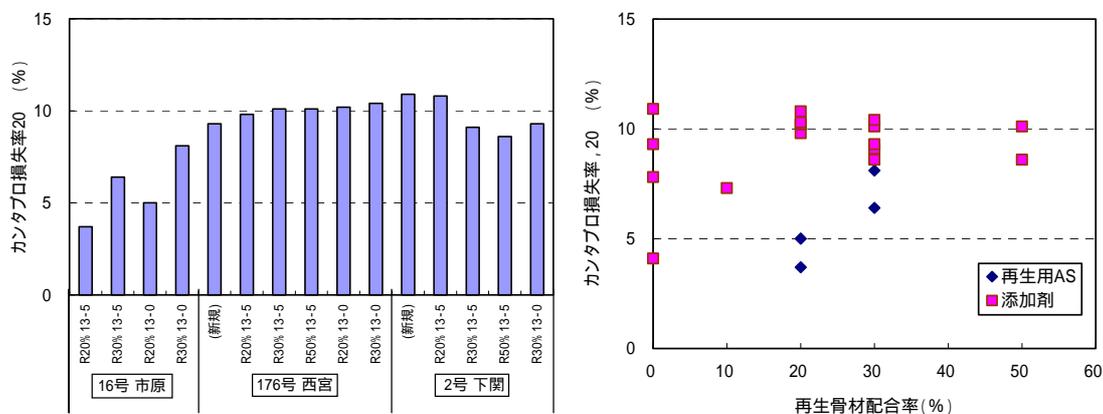


図 - 5.5 再生ポーラスアスファルト混合物のカンタブロ損失率 (20)

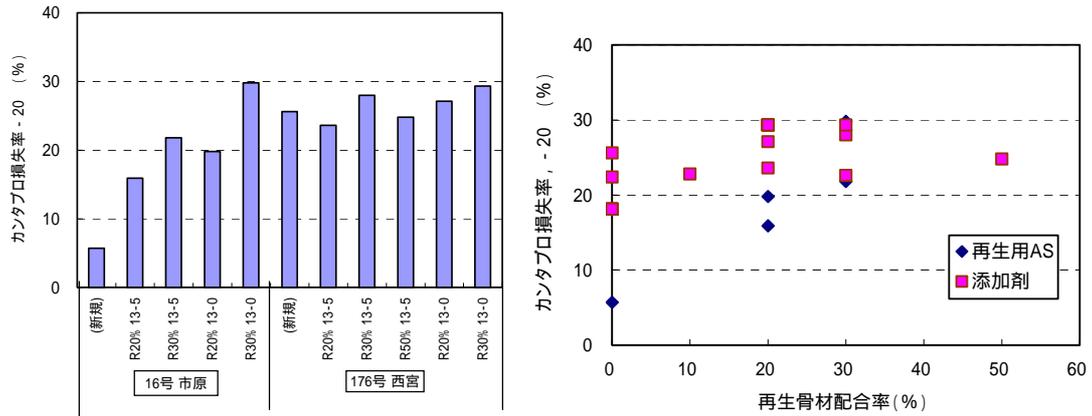


図 - 5.6 再生ポーラスアスファルト混合物のカンタプロ損失率 ( - 20 )

### 5) 耐流動性

再生ポーラスアスファルト混合物の動的安定度を図 - 5.7 に示す。

動的安定度は 5,620 ~ 11,900 回/mm (平均 : 8,170 回/mm) であり, 全ての配合で目標とした 3,000 回/mm 以上を満たしている。

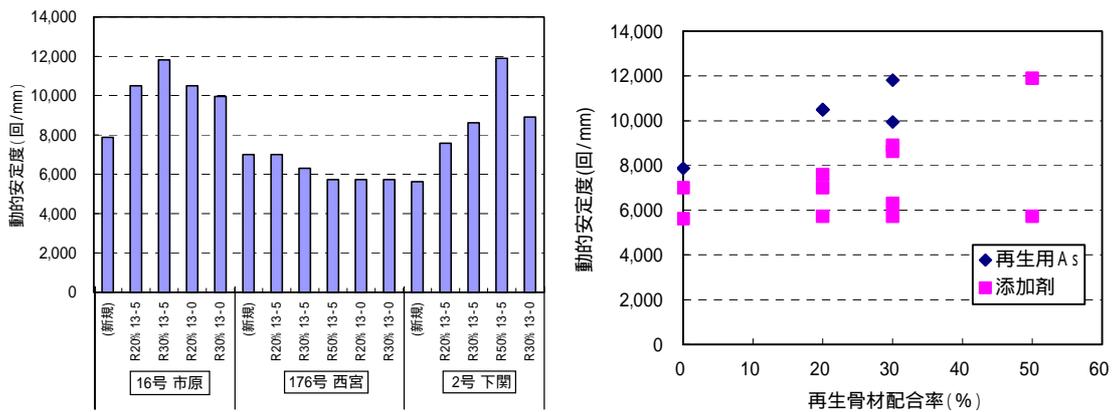


図 - 5.7 再生ポーラスアスファルト混合物の動的安定度

### 5 - 3 プラントで製造した再生ポラスアスファルト混合物の性状

#### 1) 現場配合

再生ポラスアスファルト混合物の現場配合を表 - 5.3 に示す。

なお、試験練り結果を踏まえた配合設計時からの修正点は以下のとおりである。

- ・16号 市原
  - R13-0 配合率 30% : プラント計量精度の関係から細砂の配合率を 0%に変更。
  - 全配合 : アスファルト量を配合設計 OAC から - 0.3%に変更。
- ・2号 下関
  - R13-5 配合率 50% : プラント計量精度の関係から砂の配合率を 0%に変更。
  - R13-0 配合率 30% : プラント計量精度の関係から砂の配合率を 0%に変更。

表 - 5.3 再生ポラスアスファルト混合物の現場配合

工区	項目	再生骨材 (%)		1 Bin (%)	3 Bin (%)	石粉 (%)	繊維 (外割%)	再生用 添加剤 (%)	改質剤 (%)	新 A s (%)	再生 A s (%)
		13-5	13-0								
16号 市原	比較工区	-	-					-	-		
	R20%, 13-5	20.0	-	7.5	67.5	5.0	-	-	-	4.0	4.7
	R20%, 13-0	-	20.0	4.5	71.0	4.5				3.9	4.8
	R30%, 13-5	30.0	-	7.0	59.0	4.0				3.7	4.7
	R30%, 13-0	-	30.0	0	66.0	4.0				3.4	4.8
比較工区	-	-	79.8	10.5	4.7						5.0
176号 西宮	R20%, 13-5	19.7	-	7.6	63.5	4.7	0.1	0.02	-	4.5	5.2
	R30%, 13-5	29.5	-	3.8	57.9	4.8		0.09		4.0	5.1
	R30%, 13-0	-	30.0	0	63.7	2.9		0.28		3.2	5.0
	R50%, 13-5	49.2	-	2.8	40.8	3.8		0.27		3.2	5.2
	比較工区	-	-	11.4	83.0	5.0					4.9
2号 下関	R20%, 13-5	19.5	-	9.5	63.9	2.8	-	0.06	0.14	4.1	4.8
	R30%, 13-5	29.1	-	6.6	57.6	2.8		0.17		3.6	4.8
	R30%, 13-0	-	29.4	0	64.0	2.8		0.24		3.4	4.8
	R50%, 13-5	48.3	-	0	45.1	2.8		0.33		3.0	4.8
	比較工区	-	-	11.4	83.0	5.0					4.9

#### 2) 粒度

プラントで製造した再生ポラスアスファルト混合物の 2.36mm 通加量は 10.5 ~ 15.6% (平均: 13.9%) であり、配合設計時の設定値とほぼ一致している (図 - 5.8)。しかしながら、再生骨材配合率 50%の混合物の中には、設定値 13.8% に対し測定値 10.5% と差がやや大きいものもある。これは再生骨材の品質変動による影響と考えられる。

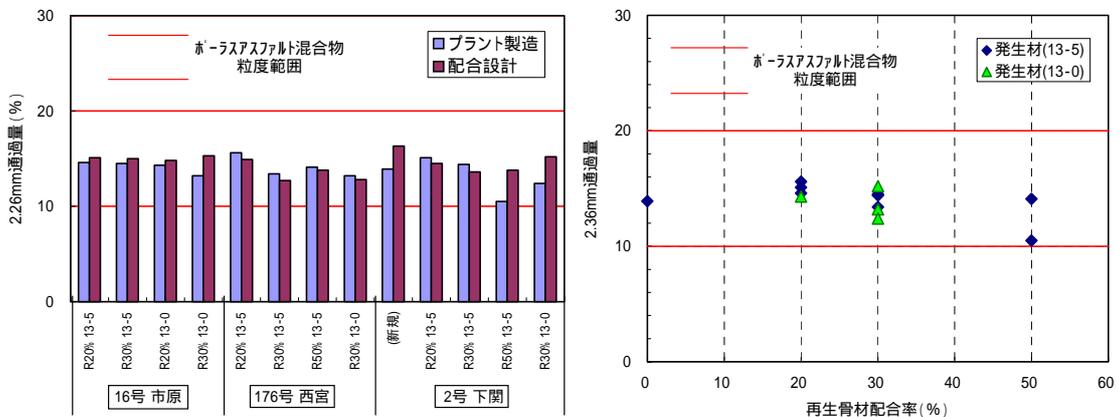


図 - 5.8 プラントで製造した再生ポラスアスファルト混合物の粒度 (2.36mm 通過量)

### 3) 骨材飛散抵抗性

プラントで製造した再生ポーラスアスファルト混合物のカンタブロ損失率を図 - 5.9 (20 ) および図 - 5.10 ( - 20 ) に示す .

- ・ カンタブロ損失率 (20 ) は 3.9 ~ 25.6% (平均 : 9.6%) であり , 配合設計時の値 (平均 : 8.8%) とほぼ同程度である . しかしながら , 再生骨材配合率 50% の混合物の中には , カンタブロ損失率 (20 ) が 25.6% と大きく , 配合設計時の目標値 (15% 以下) に満たないものもある (図 - 5.8) .
- ・ カンタブロ損失率 ( - 20 ) は 11.8 ~ 56.2% (平均 : 27.4%) であり , 配合設計時の室内作製混合物 (5.7 ~ 29.8% (平均 : 22.9%)) と比べ低温時の骨材飛散抵抗性に劣るものもある .
- ・ 再生用アスファルトを用いた再生ポーラスアスファルト混合物は , 再生用添加剤を用いたものと比べカンタブロ損失率 (20 , - 20 ) が小さい傾向にある .

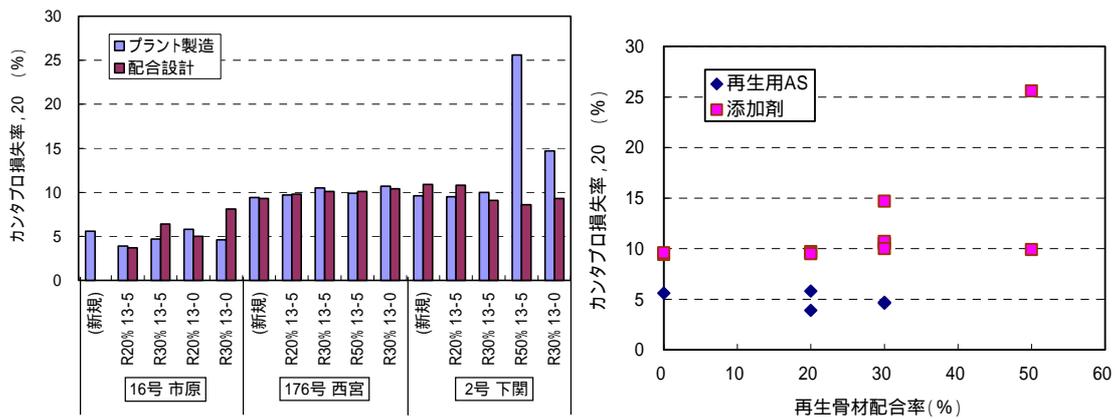


図 - 5.9 プラントで製造した再生ポーラスアスファルト混合物のカンタブロ損失率 (20 )

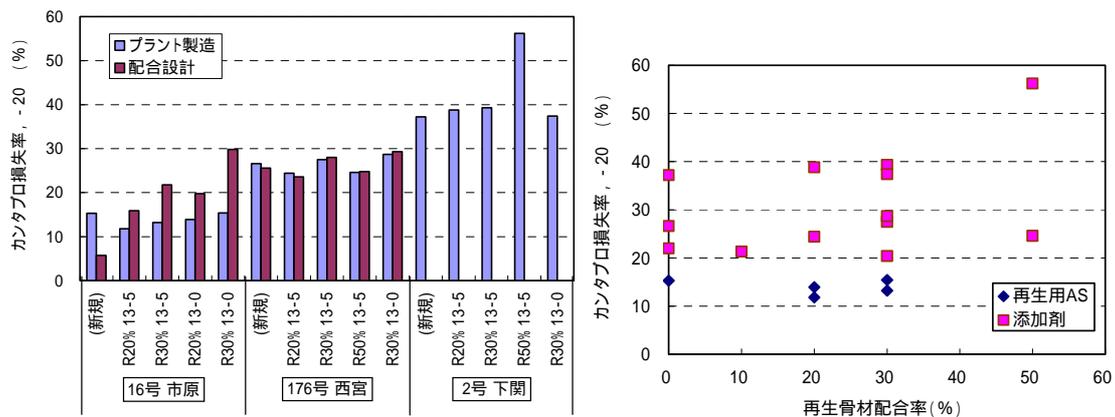


図 - 5.10 プラントで製造した再生ポーラスアスファルト混合物のカンタブロ損失率 ( - 20 )

#### 4) 耐流動性

プラントで製造した再生ポーラスアスファルト混合物の動的安定度は 5,300 ~ 12,600 回/mm (平均: 8,880 回/mm) であり, 全ての配合で目標とした 3,000 回/mm 以上を満たしている (図 - 5.11).

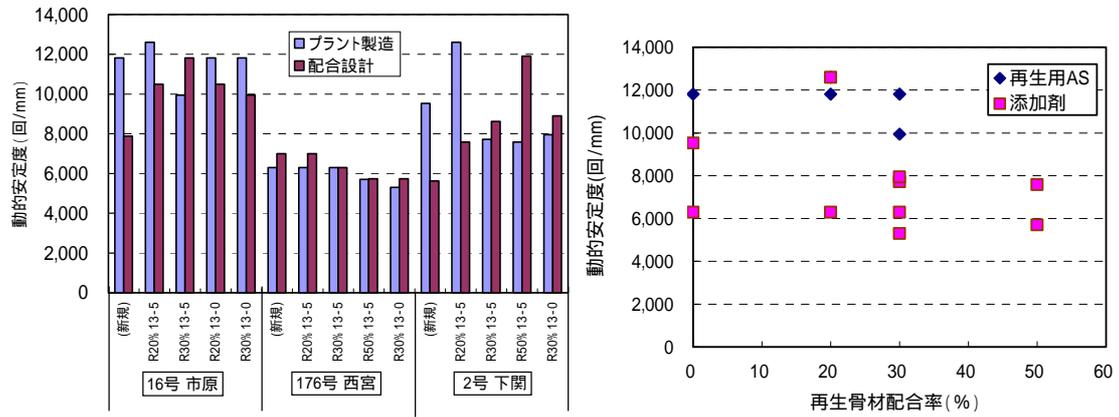


図 - 5.11 プラントで製造した再生ポーラスアスファルト混合物の動的安定度

#### 5 - 4 施工直後の路面性状

試験施工箇所の施工直後の路面性状（平たん性，わだち掘れ，すべり抵抗値，浸透水量，騒音値，路面粗さ）は図 - 5.12 ~ 図 - 5.18 に示すとおりであり，再生骨材配合率が変化しても路面性状の各特性値は新規混合物とほぼ同等である．

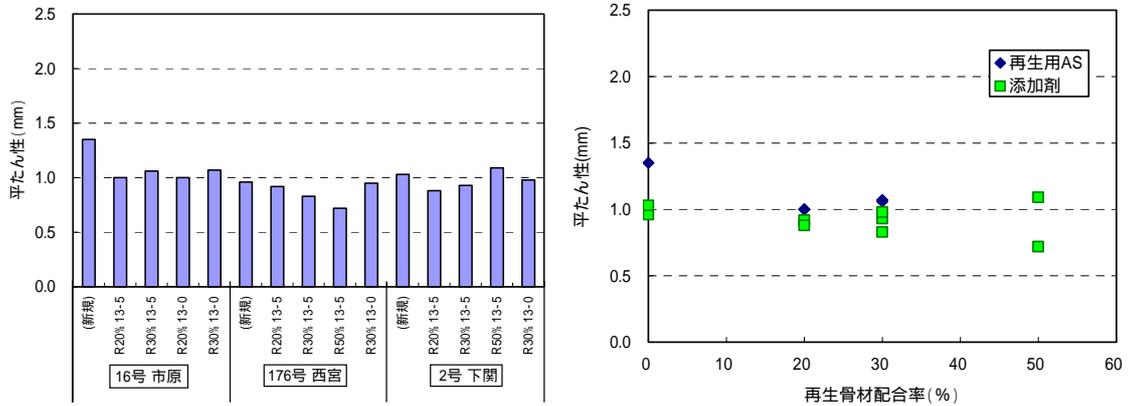


図 - 5.12 平たん性

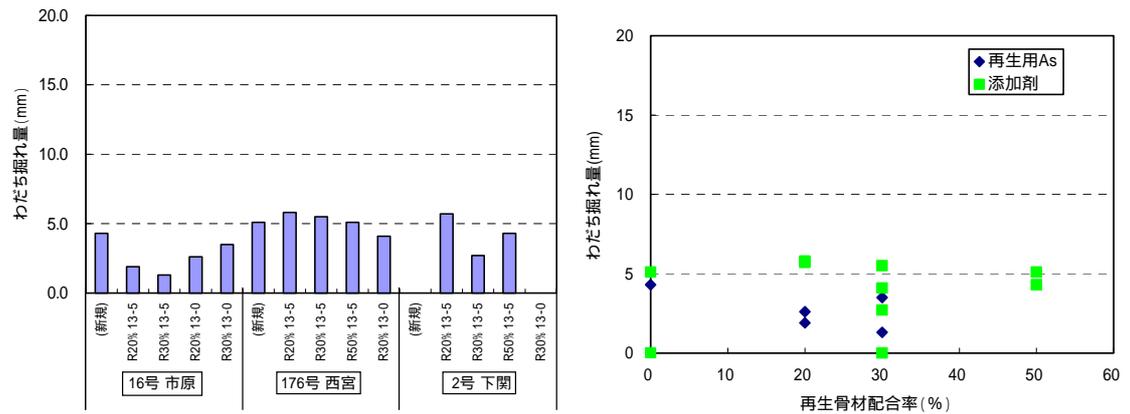


図 - 5.13 わだち掘れ量

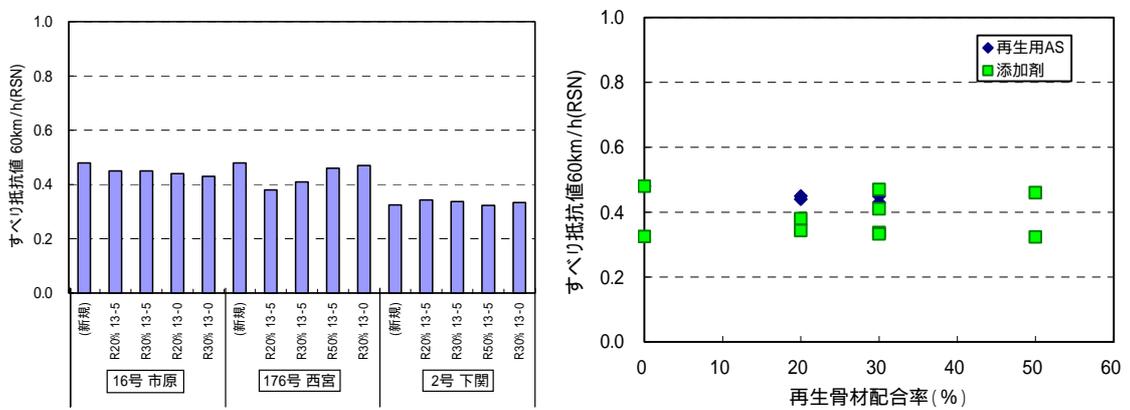


図 - 5.14 すべり抵抗値 (DFT, 60km/hr)

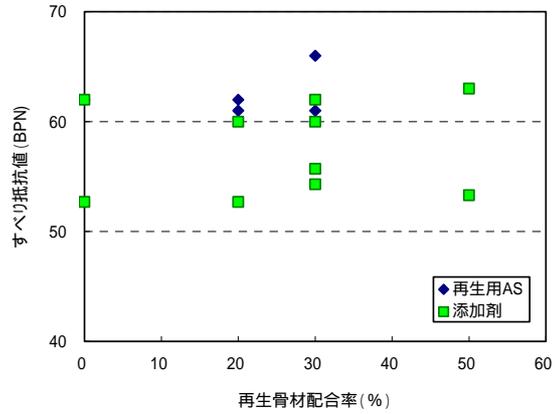
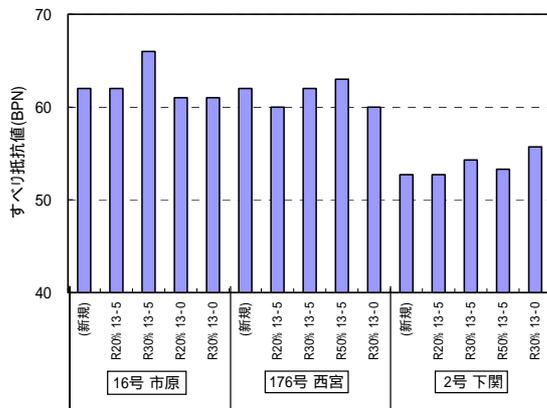


図 - 5.15 すべり抵抗値 (BPN)

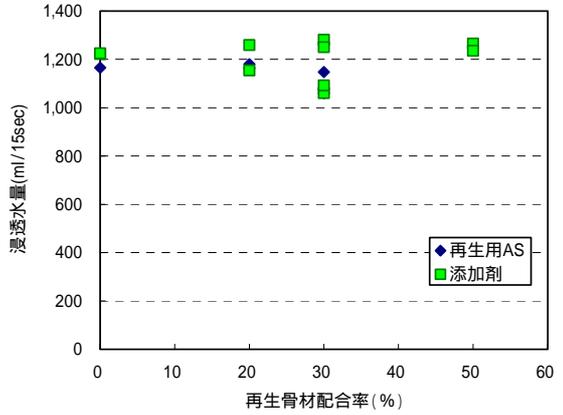
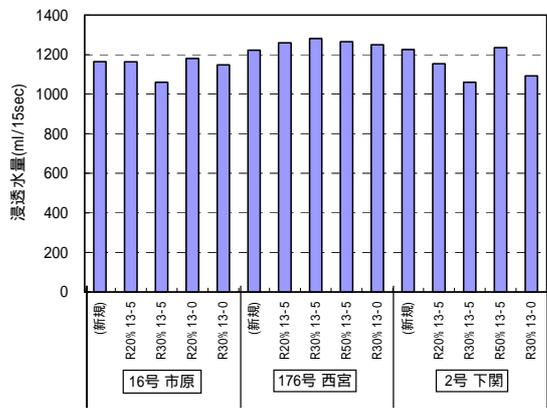


図 - 5.16 浸透水量

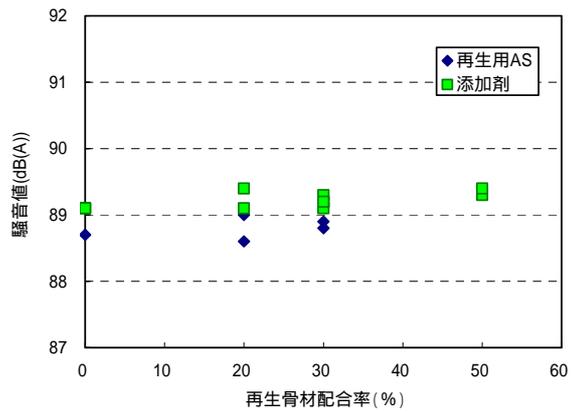
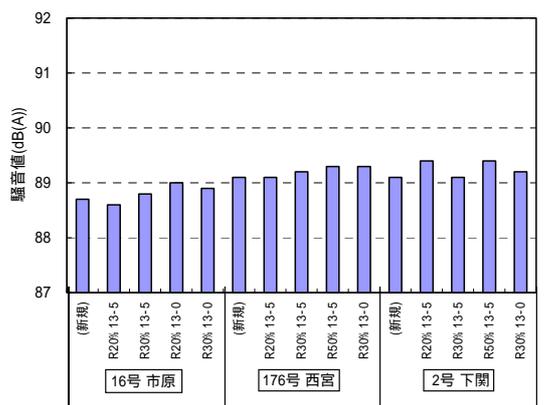


図 - 5.17 騒音値

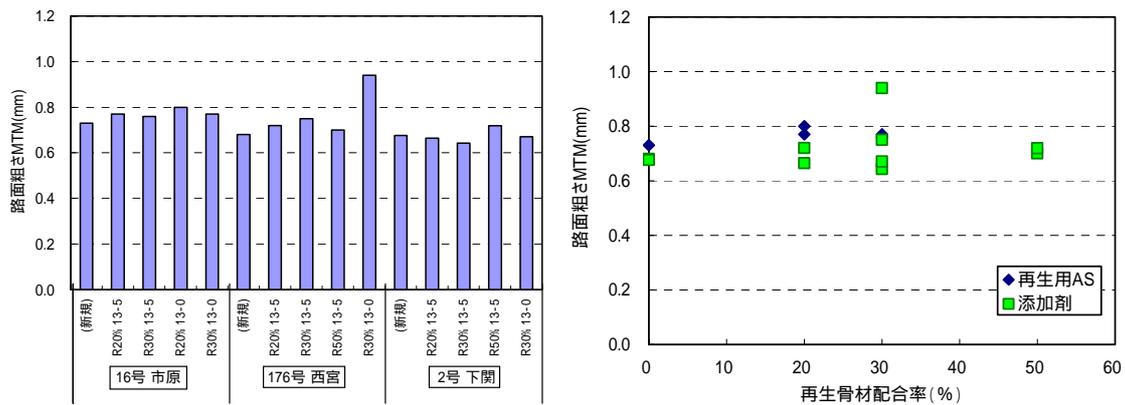


図 - 5.18 路面粗さ

### 5 - 5 追跡調査

路面性状（平たん性，わだち掘れ，すべり抵抗値，浸透水量，騒音値，路面粗さ）の追跡調査結果を図 - 5.19～図 - 5.25 に示す．現時点では供用期間が短く，路面性状に大きな変化は見られない．また，混合物の種類による違いも認められない．

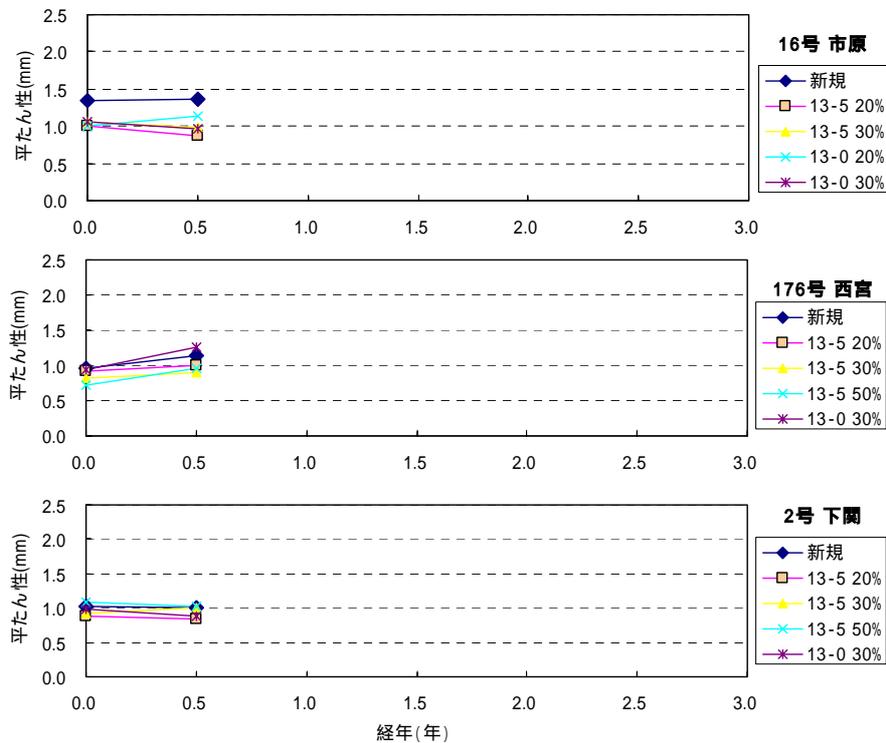


図 - 5.19 平たん性

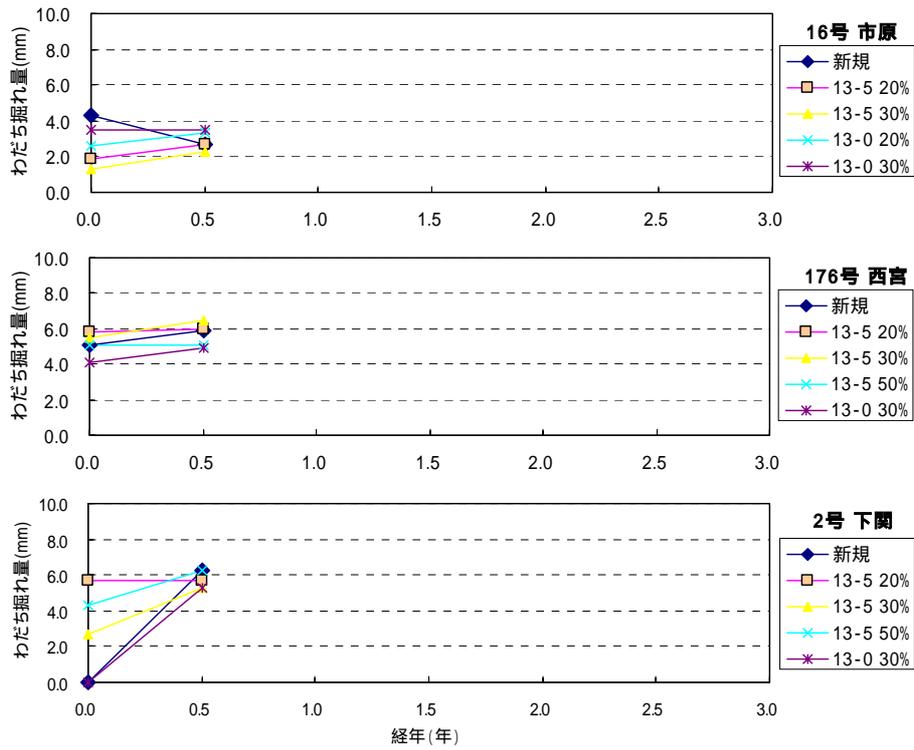


図 - 5.20 わだち掘れ量

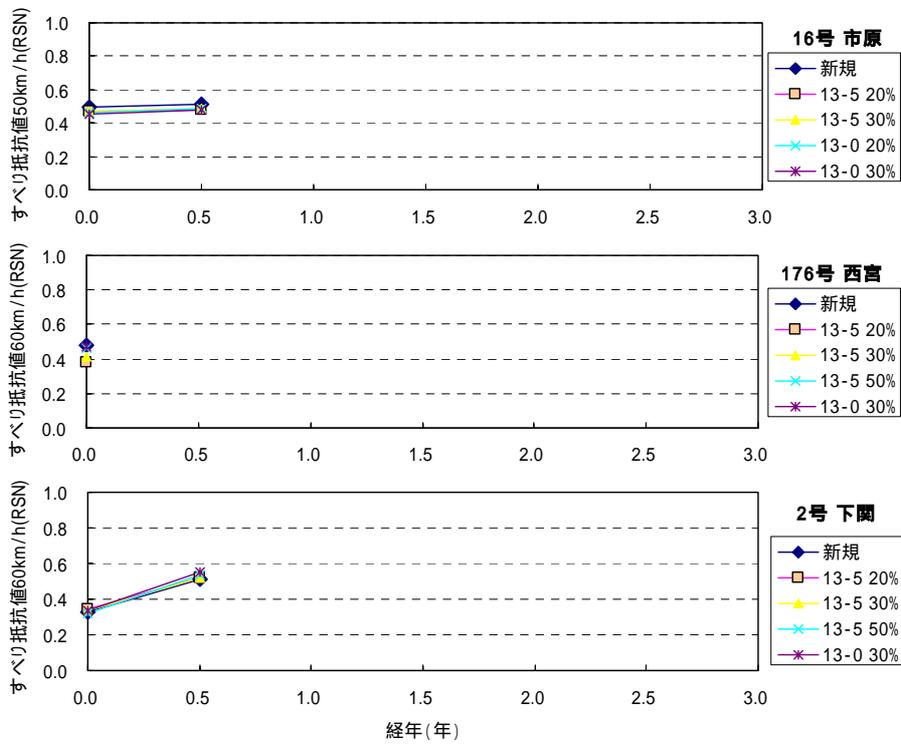


図 - 5.21 すべり抵抗値 (DFT, 60km/hr)

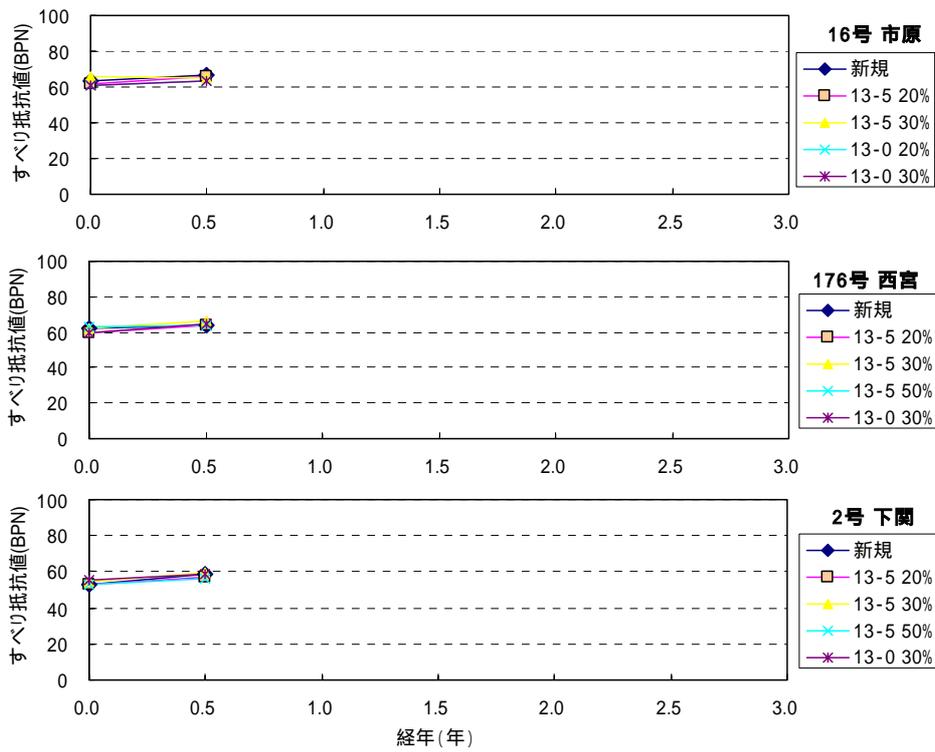


図 - 5.22 すべり抵抗値 ( BPN )

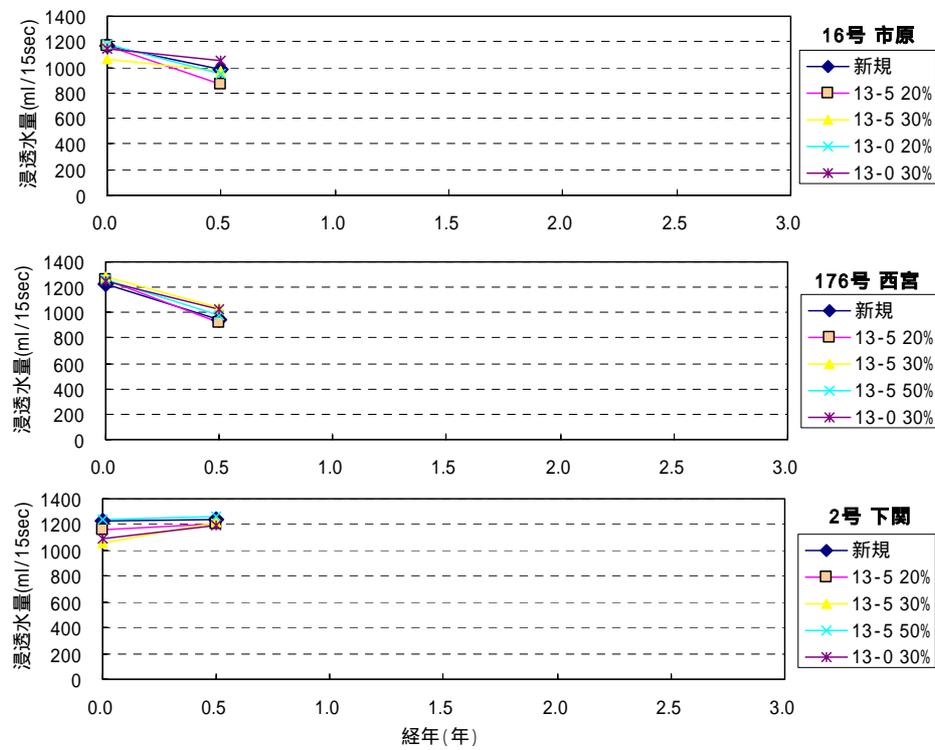


図 - 5.23 浸透水量

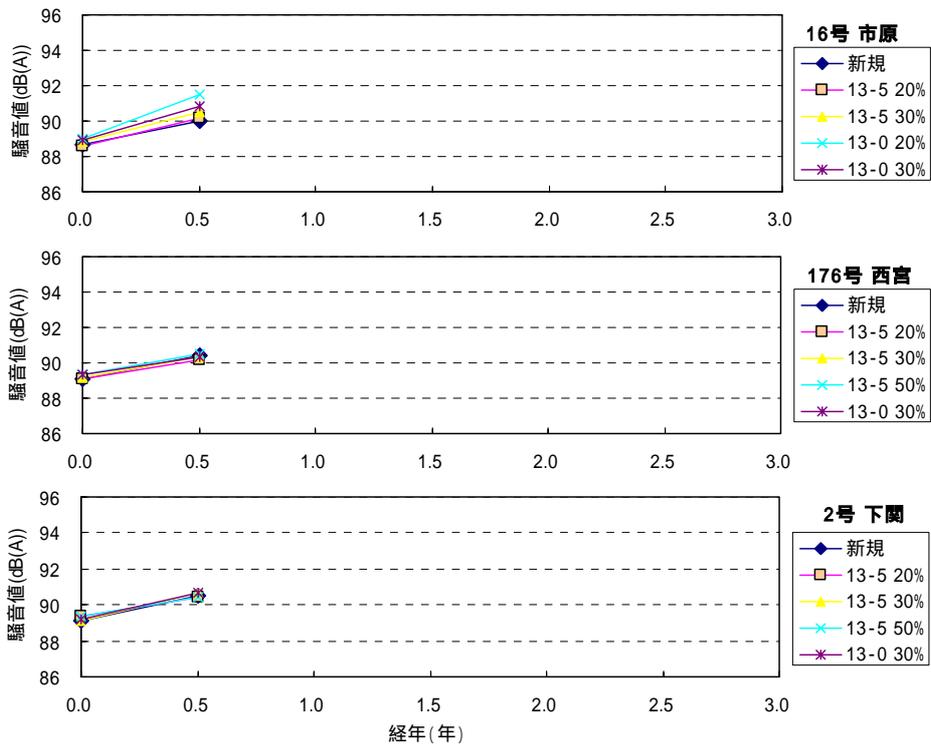


図 - 5.24 騒音値

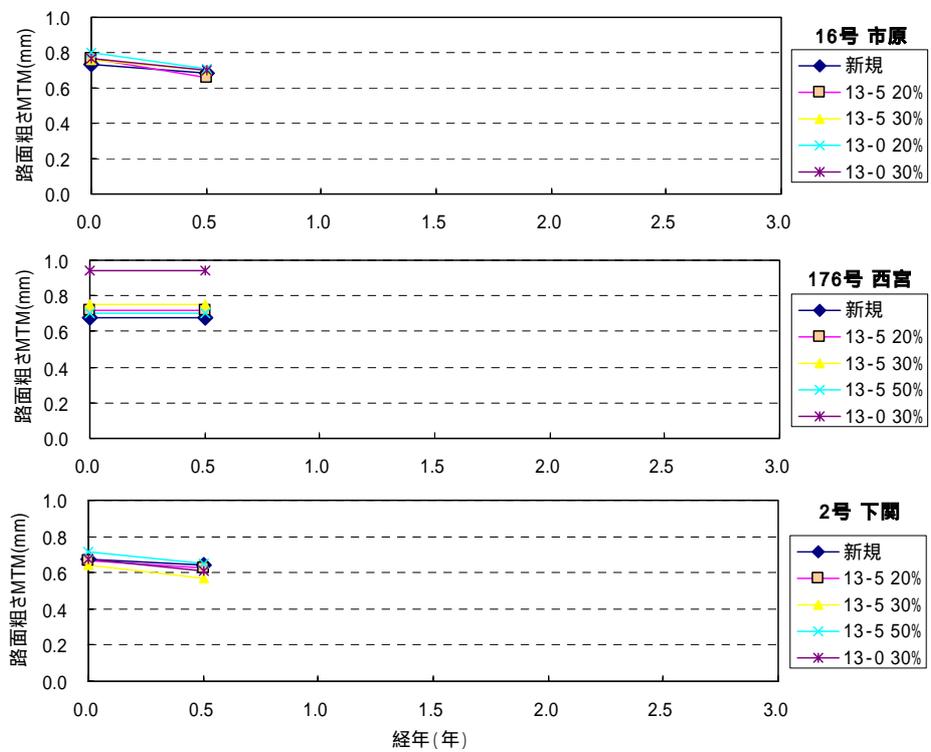


図 - 5.25 路面粗さ

## 6 . 排水性舗装発生材を使用した再生混合物の製造に関する調査結果

試験施工に使用した再生混合物は，併設加熱混合方式の再生プラントで製造した．ここでは，再生混合物の製造の準備，製造条件，プラントへのアンケート調査結果およびプラントでの製造上の工夫などを示す．

### 6 - 1 製造の準備

既往の検討結果から，排水性舗装発生材を用いた再生混合物の製造では，再生骨材を充分加熱することが重要であると考えられた．そこで，今回の試験施工では再生骨材を約160℃以上に加熱することが可能な併設加熱混合方式の再生プラントを選定し混合物を製造した．さらに，再生骨材を試験施工に必要な量の約2倍（約300t）準備し，事前に各プラントで再生骨材の加熱実験を実施して製造条件を定めた．

再生プラントの機種と能力を表 - 6.1 に示す．

表 - 6.1 再生プラントの機種と能力

区 分		排水性 再生密粒系		排水性 再生排水性		
工事名		8号 白根	3号 山鹿	16号 市原	176号 西宮	2号 下関
プラント	会社名	日工	田中铁工	日工	日工	田中铁工
	型式（新規）	傾斜向流円胴型	傾斜向流円胴型	傾斜向流円胴型	傾斜向流円胴型	傾斜向流円胴型
	型式（再生）	傾斜並流円胴型	傾斜並流円胴型	並流式フリクション方式	傾斜並流円胴型	傾斜並流円胴型
能力 T/H	新規ドライヤ	100	60	120	120	60
	再生ドライヤ	60	30	90	60	30
	ミキサー	100	60	120	120	90

また，今回の試験施工では発生材の採取から再生混合物の製造・施工までの準備（図 - 6.1）に約2ヶ月を要した．

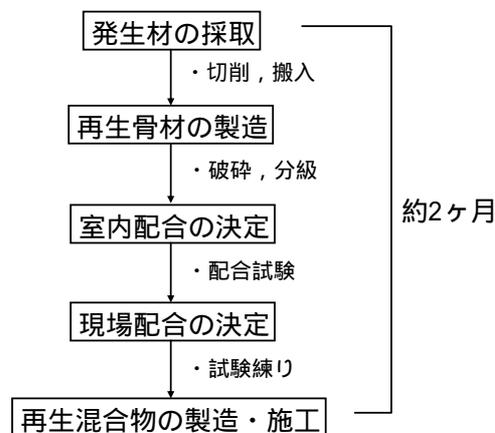


図 - 6.1 再生混合物の製造の準備

## 6 - 2 再生混合物の製造

再生骨材の加熱温度および再生混合物の製造温度は表 - 6.2 に示すとおりである。前述のように、再生骨材の加熱実験を繰返し実施するなど事前に十分な準備がなされたこともあり、再生混合物の製造温度（出荷温度：173～186）はいずれも新規混合物とほぼ同等とすることができた。

表 - 6.2 再生骨材の加熱温度および再生混合物の製造温度

	8号 白根	3号 山鹿	16号 市原	176号 西宮	2号 下関
再生骨材 加熱温度	165	169	193～195 <sup>*)</sup>	162～175	147～160
再生混合物 製造温度	175～176	173～179	185～186	174～177	173～176
新規混合物 製造温度	175	174～175	-	179	170

\*)「16号 市原」の再生骨材加熱温度が他と比べ高温であるのは、再生骨材用ドライヤがドラムドライヤ兼用型であるため。

## 6 - 3 合材工場に対するアンケート調査結果

排水性舗装発生材を使用した再生混合物の製造上の課題を把握するため、合材工場に対しアンケート調査を行った。各工場から指摘のあった製造上の課題および意見は表 - 6.3 に示すとおりである。また、主な意見をまとめると以下のとおりである。

- 排水性舗装発生材および再生骨材を分別貯蔵するスペースの確保が困難である。
- 配合設計に長時間を要するため、排水性舗装発生材および再生骨材の貯蔵が長期間となる。
- 表・基層の混合発生材の再生方法も検討する必要がある。
- 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、自動運転が困難で手動運転となるため、温度コントロールはプラントマンの技量に頼ることとなる。
- 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、製造する混合物種を切替える際にロスが大きく（廃棄による材料のロスや時間のロス）製造効率低下する。
- 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。

表 - 6.3 排水性舗装発生材を使用した再生混合物の製造上の課題および意見

工事名	再生プラント	課題	意見
8号 白根	大成ロテック(株) 新潟合材工場	リサイクルサージピンが1基しかないために、連続出荷が止まった時に、加熱した再生骨材の入れ替えが発生し、その度に貯蔵している再生骨材の破棄と、それに伴う時間のロスが発生する。	排水性舗装の切削屑には、基層部のクラック処理に使用した、クラック防止シートやクラックに注入したアスファルト等多少の不純物が含まれてきた。
		混合物の出荷能力としては、先行して再生骨材を加熱して貯蔵しておき、連続出荷が出来れば、ほぼ通常の再生密粒度アスコンと同じように出荷出来るが、合材の種類の変更や連続出荷が止まると、上記の理由で、その度に時間がかかり、その結果出荷能力は低下する。	特にクラックシートにステンレスメッシュが使用されているので、破碎設備の磁選機で取り除くことが出来ず、人力による異物除去のため作業員を配置せざるを得なかった。(不純物の混入は0.01%程度で、再生骨材500t製造時に50kgほど発生した)
		再生骨材のリサイクルドライヤへの付着は、加熱温度が低いと多く、温度が高くなるにつれて少なくなるため、可能な限り温度を上げた方がよい。今回はほぼ予定通りの温度になったため付着は少なかった。	排水性舗装材の再生利用を考えるのであれば、基層はクラックシートによる補修は止めて、基層打ち換え工事にした方がよいと思われる。
3号 山鹿	有明アスコン(株) 有明アスコン	廃材、再生骨材は一般のアスファルト廃材と分離する必要がある、保管場所の確保が必要です。	使用される時期や数量が合わないと長期保管や使用数量に満たない場合がある。
		一般再生骨材よりも高い温度に設定するため、加熱温度および排気温度の注意が必要です。	再生骨材の混入率が高くなる場合で、連続した出荷が多い時では、再生骨材の加熱速度が間に合わないことが予想される(当プラントの場合)
			再生骨材の混入率が大きくなるにつれて温度制御が難しくなる。
16号 市原	日本道路(株) 東京舗装工業(株) 千葉中央アスコン	廃材や再生骨材を一般の廃材と分離保管する必要がある。スペースの関係から長期の保管はプラントに負担が大きすぎる。再生骨材製造時にクラッシャ内部に廃材が付着するため、大量に廃材を処理する場合には付着物を除去する必要がある。製造時にはホットピンバランスが悪くなり、温度コントロールが難しい混合物といえる。(R13-0が30%の配合は砂を計量しない)このため、新規プラントでは計量しない砂を温度調整のため加熱する必要があり、材料ロスが大きくなる。	リサイクルの観点からは、この混合物で再生を促進することは良いことであるが、はっきりとしたルールを確立する必要がある。例えば修繕工事など排水性舗装の切削屑を搬出した現場へ戻すようなことが考えられる。また、配合設計の見直しも必要と思われる。この現場で採用した再生用高粘度改質アスファルトを使用する配合設計の作業量が多くなり、多くの時間が必要で切削から舗設までの期間が長く好ましくないと考えられる。
176号 西宮	(株)NIPPON コーポレーション 神戸合材工場	多量の出荷量があった場合の再生ドライヤへの付着等については不明である。	排水性舗装発生材単体を再生排水性を含む各種再生混合物に適用
		再生骨材のサージピンが占有されるため、一般の再生混合物への切り替えが困難である。	排水性舗装発生材や一般の発生材を組み合わせた再生骨材を各種の再生混合物に適用
		排水性発生材の分別保管や分級に困難があった。	上記の2課題について、所定の品質を確保するための汎用性や製造の容易性を考えた場合は、の方法の検討を視野に入れるべきと考える。
		排水性再生骨材の保管が困難であった	
		所定の混合物温度が確保できたが、どの再生装置でも可能か検討する必要がある。	
再生添加剤が特殊で人力投入となる。			
一般の再生混合物との切り替えが困難である。			
2号 下関	共同企業体 下関アスコン	再生骨材50%の混合物では6号砕石の送り量を最低量にして製造したが、合材積み込み時にキャリアオーバー現象を生じ始めたため、自動運転から手動運転に切り替え、混合量を1000kgから1500kgに変更するとともに、ドライヤの断続運転により何とか製造を行った。なお、再生骨材の配合率が20%のもの、30%のものでは、このような現象は起きなかった。	再生骨材の配合率の上限値は30%程度が望ましい。

#### 6 - 4 製造上の工夫

排水性舗装発生材を使用した再生混合物の製造における工夫の例を以下に示す。

##### 1) 再生骨材の加熱方法：「8号 白根」の例

排水性舗装発生材を再生する場合、ドライヤの羽根(フライト)やトロンメルへのアスファルトモルタルの付着を軽減するために排水性舗装発生材の加熱温度を確保する必要がある。

再生骨材と新規骨材の一部を同時にドライヤに送り加熱することで製造装置に過度な負荷をかけることなく加熱温度を160 程度に保つことが可能で、トロンメルへのアスファルトモルタルの付着を少なくできた(写真 - 6.1 参照)。



写真 - 6.1 加熱実験後のトロンメルの状況(左：加熱温度 160 ，右：加熱温度 140 )

##### 2) 長期貯蔵した再生骨材の使用方法：「3号 山鹿」の例

採取した排水性発生材を破碎後、13-5mm と 5-0mm の割合確認と骨材配合設定の容易さを考え、試験施工に使用するすべての排水性発生材を一旦分級した。配合設計上、粒度合成は13-0mm で設定可能であったため、再生混合物製造時には、13-5mm と 5-0mm を別々のコールドホッパを用い、13-0mm 同じ粒度となる送り量(70:30)で実施した。

試験練り時に、分級後の再生骨材貯蔵期間が約3ヶ月(9月～12月)と長期に及んだため、5-0mm の再生骨材に塊が発生し、ホッパゲートに詰まり、正確な送り量が確保できないという問題が生じた。これは、5-0mm 粒分中に含まれる高粘度改質アスファルトの量が多いことが原因と考えられる。そこで、5-0mm 再生骨材の供給の際には、コールドホッパの投入口に50mm 程度の目開きの網を設置し、ホイールローダによって十分に解した再生骨材を投入することで対処した。

排水性再生骨材を長期に貯蔵する際には、塊が発生する懸念があり、特に5-0mm の場合は顕著であることから、使用時には塊が混入しないよう留意する必要がある。

## 7. 施工性および施工上の課題

各対象工事において、工事実施者に対し施工性に関するアンケート調査を実施した。ここでは、施工条件を示すと共に、アンケート調査結果から得られる施工上の課題を検討した。

### 7 - 1 各対象工事の施工条件

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、特殊な機械などは使用していない。

表 - 7.1 に施工時の締固め温度の平均値を示す。

表 - 7.1 各対象工事の施工時締固め温度（平均値）

種別	評価対象		敷均し温度 ( )	一次転圧温度 ( )
排水性 密粒系	8号 白根	Pen40	174	166
		Pen50	174	164
		Pen60	174	164
	3号 山鹿	R20%	155	149
		R30%	161	158
		R50%	150	147
排水性 排水性	16号 市原	R20%、13-0	168	151
		R20%、13-5	164	150
		R30%、13-0	170	150
		R30%、13-5	166	149
	176号 西宮	R20%、13-5	149	144
		R30%、13-0	159	151
		R30%、13-5	149	143
		R50%、13-5	150	142
	2号 下関	R20%、13-5	162	154
		R30%、13-0	160	154
		R30%、13-5	159	150
		R50%、13-5	163	152

## 7 - 2 施工性に関するアンケート調査結果

現場技術者および施工作業者に対してアンケート調査を実施した。各対象工事の回答数は、8号白根=1, 3号山鹿=15, 16号市原=9, 176号西宮=4, 2号下関=2であった。

アンケート調査結果のまとめを表-7.2に示す。表の作成にあたっては、新規混合物と比較して「やや劣る」と「劣る」に1名でもチェックがあった項目にそれぞれ印と×印を付けた。印が付いた項目には、新規と比較して「同等」であると評価している回答者もあることに注意する必要がある。

### 【排水性舗装への再生】

- ・ 再生骨材50%の場合、ダンプ荷台への付着が多いという指摘があった。
- ・ 対象工事によって、運搬、敷均し、フィニッシャーでの引きずりやダマの発生などで施工性がやや悪いという指摘があったものの指摘のない対象工事もあることから、一概に再生ポーラスアスファルト混合物の施工性が新規と比べて劣るとは言えない。
- ・ 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。

### 【密粒系舗装への再生】

- ・ 再生骨材50%で、しみだしや表面のキメが細かいなどの指摘があった。
- ・ 針入度40および再生骨材20%, 30%では、敷ならし作業がやや劣るという指摘があった。

このようにいくつかの指摘はあるものの、すべての対象工事において、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指摘できる明確な課題はないといってよいと思われる。

表 - 7.2 施工性アンケート調査結果のまとめ

種別	工程 評価項目 評価対象	運搬		敷ならし作業			フィニッシャ					転圧作業										
		ダンブ 荷台への 付着	塊の有 無	スコップ 作業性	スコップ への付着	レーキ 作業性	レーキ への付着	ホッパ 内塊	引きずり	ダマ	ヘアカ ラック	膨れ	材料分 離	ダレ	ヘアカ ラック	しみだ し	ダマ	骨材の 割れ	表面のキ メ		空隙つ ぶれ	
																			粗い	細かい		
排水性 密粒系	8号 白根	Pen40	1	1	1	1	1	1											1			
		Pen50																				
		Pen60																				
	3号 山鹿	R20%			5	5	5	5													5	
		R30%			5	5	5	15													5	
		R50%														×	5				×	10
排水性 排水性	16号 市原	R20%、13-0	1	1	3	2	3	1													2	
		R20%、13-5	1	1	3		3															2
		R30%、13-0	3	1	4	2	3	1														1
		R30%、13-5	1	1	3		2		1													3
	176号 西宮	R20%、13-5																				
		R30%、13-0																				
		R30%、13-5																				
		R50%、13-5																				
	2号 下関	R20%、13-5	2	1																		
		R30%、13-0	2	1																		
		R30%、13-5	1																			
		R50%、13-5	×	1							1											

：新規混合物と比較してやや劣る（やや重い，やや多いなどの言葉で表現される）

×：新規混合物と比較して劣る（重い，多いなどの言葉で表現される）

注）新規混合物と比較して「やや劣る」と「劣る」に1名でもチェックがあった項目にそれぞれ と×のマークを付け，マークの下にチェックした人数を記した．

## 8.まとめ

排水性舗装発生材の再生利用に関する試験施工および追跡調査の結果をまとめると以下のとおりである。

### 1) 再生骨材の性状

- ）再生骨材の粒度は、切削時の骨材の破碎等により細粒化した。
- ）排水性舗装発生材から製造した再生骨材は、舗装設計施工指針に示される品質規格から外れるものもあった（旧アスファルト量、旧アスファルトの針入度など）。

### 2) 排水性舗装発生材を用いた再生密粒系混合物

#### ）配合設計

アスファルトの回復程度は、回収アスファルトの針入度を指標にした舗装再生便覧に示される方法により設定が可能であった。

既往の検討結果も参考に、以下の目標基準（暫定）を定めて実施することで、再生密粒系混合物は新規混合物と同等の性状が得られた。

- ・目標基準：DS 3,000 回/mm

再生密粒系混合物の動的安定度は、再生骨材配合率の増加に伴い上昇する傾向にあった。また、設計針入度と動的安定度の間には明確な関係は見られなかった。

#### ）再生密粒系混合物の製造

製造時の温度管理が重要であった。以下の方法で新規混合物と同程度の混合物製造温度を確保することができた。

- ・再生骨材を約 160 以上に加熱可能な併設加熱混合方式の再生プラントを選定。
- ・事前に再生骨材の加熱実験を各プラントで実施。

当初懸念された「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った。

プラントで製造した再生密粒系混合物の性状は新規混合物とほぼ同等であった。ただし、再生骨材配合率 50%の再生密粒系混合物は粒度にバラツキが見られた。現時点では、再生骨材性状の変動による混合物性状への影響も勘案し、再生密粒系混合物の再生骨材配合率は 30%程度を上限とすることが無難であると考えられる。

#### ）再生密粒系混合物の施工

再生密粒系混合物の施工性は、十分な温度管理を行えば、新規混合物とほぼ同等であり、通常の機械編成で施工することができる。

#### ）供用性

初期の供用性（6 ヶ月供用後）は、再生密粒系混合物と新規混合物（比較工区）に顕著な差は見られなかった。

) 現時点での評価

排水性舗装発生材を密粒系舗装の表層に再生することは技術的に可能である。

3) 排水性舗装発生材を用いた再生ポーラスアスファルト混合物

) 配合設計

アスファルトの回復程度は混合物の性状を指標にすることにより評価が可能であった。

舗装再生便覧および既往の検討結果も参考に、以下の目標基準（暫定）を定めて実施することで、再生ポーラスアスファルト混合物は新規混合物と同等の性状が得られた。

・目標基準：カンタブロ損失率（20℃） 15%、DS 3,000回/mm

再生ポーラスアスファルト混合物の再生骨材配合率は、粒度による制約から、再生骨材 13～5mm を使用する場合 50%程度、再生骨材 13～0mm を使用する場合 30%程度が上限であった。

再生ポーラスアスファルト混合物のカンタブロ損失率および動的安定度は、再生骨材配合率の違いにより明確な差は見られなかった。

) 再生ポーラスアスファルト混合物の製造

製造時の温度管理が重要であった。以下の方法で新規混合物と同程度の混合物製造温度を確保することができた。

- ・再生骨材を約 160℃以上に加熱可能な併設加熱混合方式の再生プラントを選定。
- ・事前に再生骨材の加熱実験を各プラントで実施。

当初懸念された「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った。

プラントで製造した再生ポーラスアスファルト混合物の性状は新規混合物とほぼ同等であった。ただし、再生骨材配合率 50%の再生ポーラスアスファルト混合物は、カンタブロ損失率が配合設計時の目標値（20℃で 15%以下）に満たないものもあった。

現時点では、再生骨材性状の変動による混合物性状への影響も勘案し、再生ポーラスアスファルト混合物の再生骨材配合率は、再生骨材 13～5mm で 30%程度を、13～0mm で 20～30%程度を上限とすることが無難であると考えられる。

) 再生ポーラスアスファルト混合物の施工

再生ポーラスアスファルト混合物の施工性は、十分な温度管理を行えば、新規混合物とほぼ同等であり、通常の機械編成で施工することができる。

) 供用性

初期の供用性（6ヶ月供用後）は、再生ポーラスアスファルト混合物と新規混合物（比較工区）に顕著な差は見られていなかった。

) 現時点での評価

排水性舗装発生材を排水性舗装の表層に再生することは技術的に可能である。

## 9. 今後の課題

残された課題は以下のとおりである。

### 1) 発生材の採取と貯蔵

) 排水性舗装発生材および再生骨材を分別貯蔵する必要がある。「発生材の採取(搬入)～再生骨材の製造～配合設計～試験練り～製造・施工」に約2ヶ月を要するため、その間再生骨材を保管するストックヤードが必要となる。

合材工場へのアンケート調査結果では、「分別貯蔵するスペースの確保は困難」という回答が多かった。

) 再生骨材の粒度等の変動に関して、採取条件の検討が必要である。

) 排水性舗装の補修工事は、基層も含めて切削する場合もあるので、表・基層の混合発生材の再生方法も検討する必要がある。

### 2) 再生骨材の評価

) 再生骨材の利用可否の判定方法に関し、混合物評価を含めた別の評価方法を検討する必要がある。

### 3) 製造

) 今回の試験施工で選定したプラント以外の混合方式(再生骨材を160℃以上に加熱することが難しいプラント)での製造の可能性を検討する。

) 今回の試験施工では、ドライヤへの付着が見られなかったが、長時間連続運転において、付着の有無および付着があった場合の対策等を検討する必要がある。

### 4) 長期供用性

) 追跡調査を継続実施し、長期供用性を確認する必要がある。

また、再生骨材性状の変動による影響が大きい再生骨材配合率50%の混合物について、利用の可能性を検討する必要がある。

以上