

「舗装用骨材資源の有効利用に関する研究」

(平成20年4月～平成23年3月)

プロジェクトリーダー: 山田優(大阪市立大学名誉教授)

プロジェクトメンバー

産: 大林道路(株) 奥村組土木興業(株) 鹿島道路(株) 昭和瀝青工業(株)
世紀東急工業(株) 大成ロテック(株) 東亜道路工業(株) (株)NIPPO
日本道路(株) 前田道路(株)、
(株)大阪砕石工業所 近畿砕石協同組合 (株)森組
鐵鋼スラグ協会 新日鉄エンジニアリング(株)
セメント協会 大阪兵庫生コンクリート工業組合

学: 佐野正典、麓隆行(以上、近畿大学) 岡本享久、武田字浦(以上、立命館大学)
吉田信之(神戸大学) 水谷聡(大阪市立大学)

官: 国土交通省近畿地方整備局(道路部、兵庫国道事務所、近畿技術事務所)
大阪府、兵庫県、大阪市、神戸市

オブザーバー・協力者:

国土交通省近畿地方整備局 河川部河川工事課 (財)道路保全技術センター
堺市 姫路市 奈良県 奈良市 (独)水資源機構

1. プロジェクトの概要

プロジェクトリーダー

山田 優

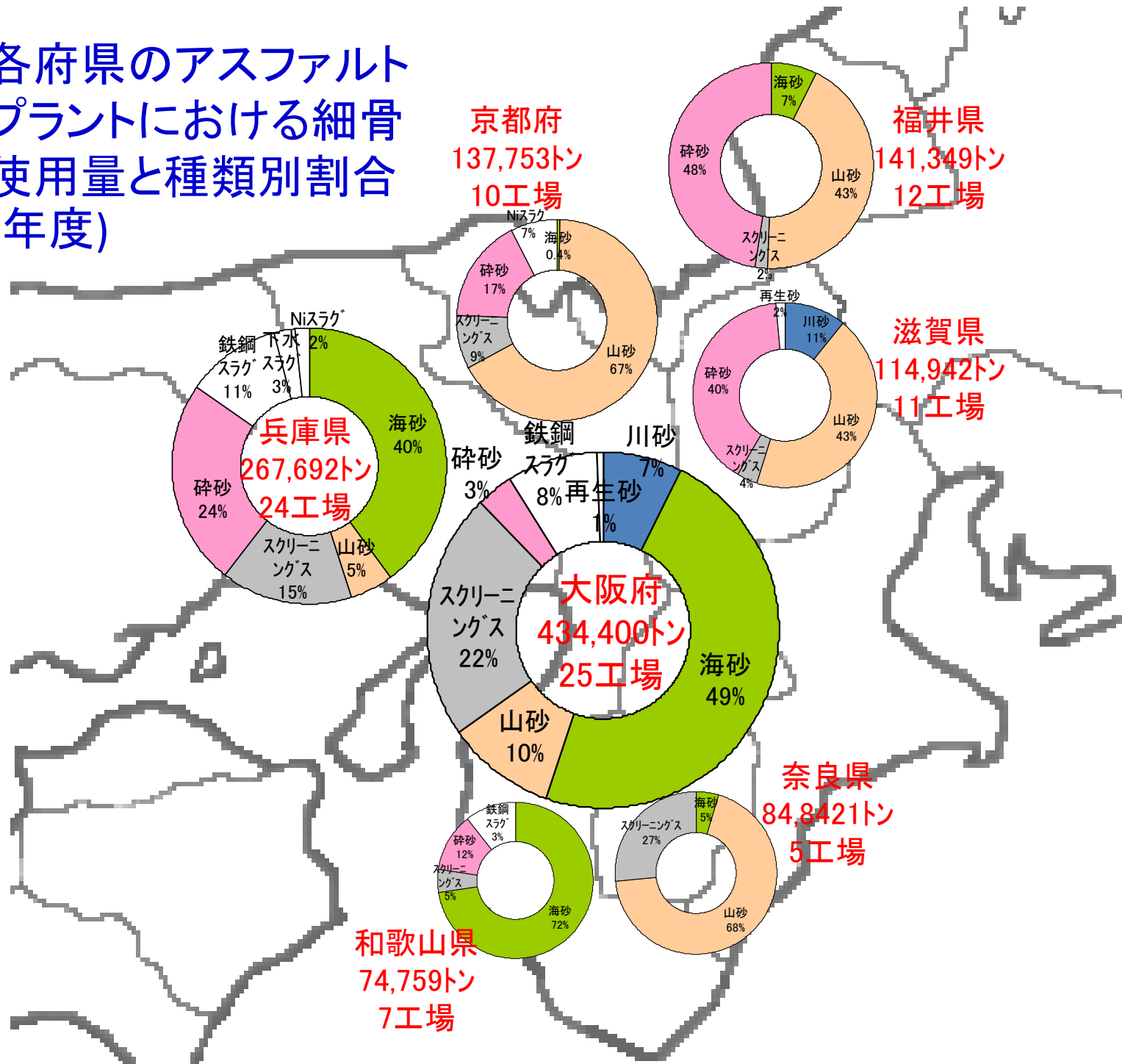
(大阪市立大学名誉教授)

研究の背景

- ・ 近畿地方では、粗骨材に**碎石**、細骨材に**天然砂**を使用してきた。
- ・ 碎石資源については余裕があるが、天然砂資源については従来から不足していて、舗装には**海砂**を使用してきた。
- ・ しかし、瀬戸内海における海砂採取が禁止され、遠い九州からの海砂を使用するようになった。その九州産海砂も、採取規制が強化される可能性が高い。
- ・ 2007以降、**中国からの天然砂**の輸入も禁止された。

このような状況から、近畿における舗装用骨材の自給率を上げる方策について検討することとなった。

近畿各府県のアスファルト 合材プラントにおける細骨 材の使用量と種類別割合 (2009年度)



近畿における天然砂不足を補う方策

1. リサイクルの増進

- ・ アスファルト再生骨材のアスファルト混合物へのリサイクル率をさらに高める。
- ・ 課題：排水性舗装等で使用の高粘度ポリマー改質アスファルト混合物のリサイクル

2. 砕砂の使用

- ・ 課題：砕砂の増産で発生する砕石粉の有効利用

3. 副産物の活用

- ・ 鉄鋼スラグ
- ・ ごみ・下水汚泥の溶融スラグ
- ・ コンクリート再生骨材
- ・ ダム堆砂 など

研究の目的

近畿、特に阪神地区の天然砂不足への対応、資源の有効利用、環境保全の観点から、種々の骨材資源の活用を検討し、舗装用骨材の安定供給・品質管理策を提案する。

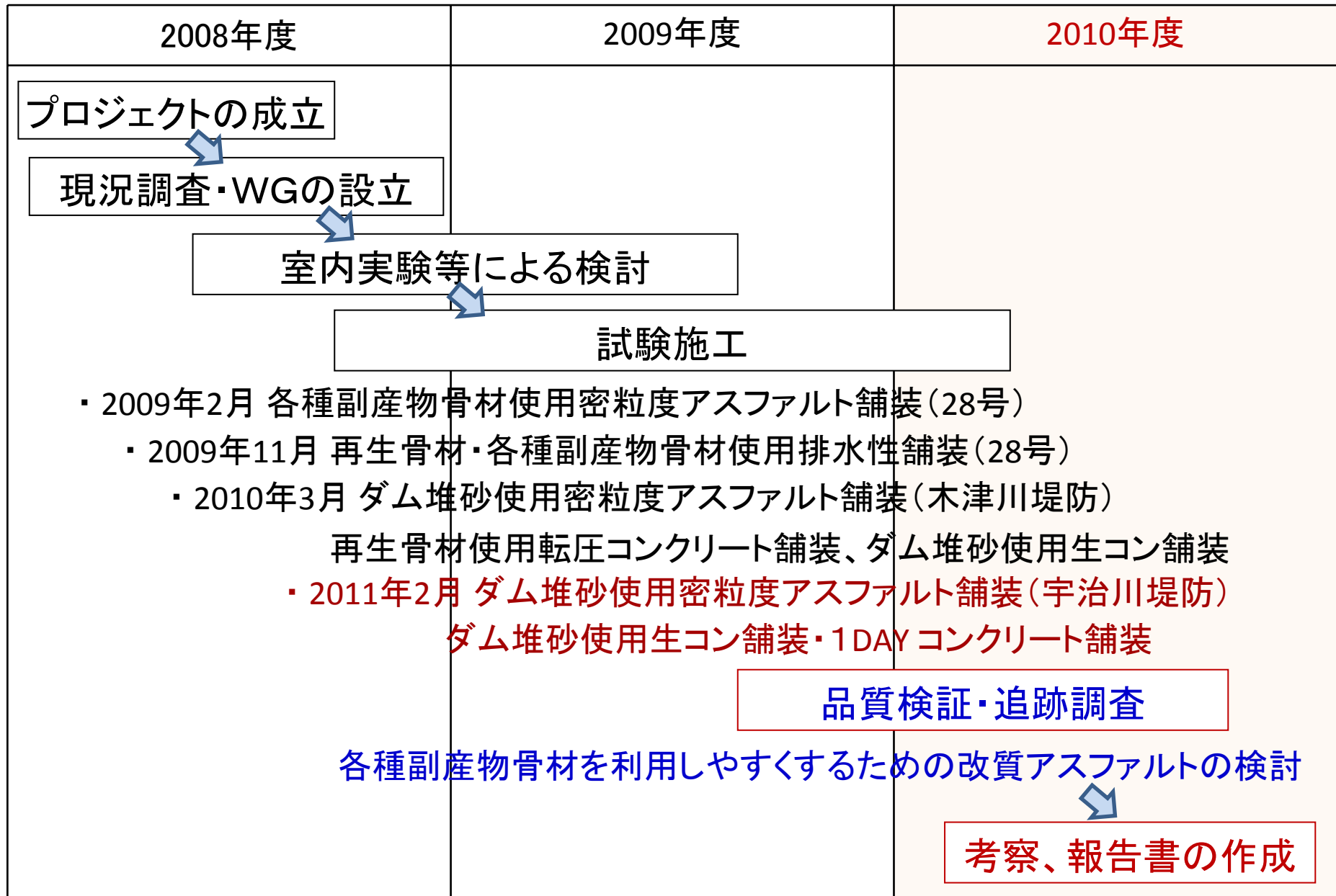
主な検討課題

1. 排水性舗装・各種環境舗装のリサイクル
2. 鉄鋼スラグの混合物用骨材としての適用性
3. ごみ溶融スラグの混合物用骨材としての適用性
4. コンクリート再生細骨材の混合物への適用性
5. ダム堆積土砂の舗装用骨材資源としての活用
6. 碎石粉の混合物用フィラーとしての適用性
7. コンクリート舗装の普及と再生骨材・碎石粉の利用

研究結果の要点

- 排水性舗装等からの発生材も骨材として再利用可能
- 骨材として種々の副産物が利用可能
- 砕石粉を有効利用し、砕砂の増産も促すことも可能
- 新たに供給可能な骨材資源量は、アスファルト合材プラントで現状使用している骨材量と比べて相当な量
- 今後、各種副産物も含めた骨材の供給体制が整備されたならば、海砂の供給量がゼロになっても、新しい骨材資源の活用により、代替えは可能

「舗装用骨材資源の有効利用に関する研究」実施行程



2. 各種副産物を利用しやすくするための改質アスファルトの検討

昭和瀝青工業(株)
技術研究所
児嶋 輝栄

1. 副産物骨材の課題と方策

材料の種類	主な課題 (混合物性状上)	方策1	方策2
転炉スラグ	OAC増加 動的安定度低下	混合物性状を満足する 範囲内で、各種副産物骨材 の配合を制限する。	各種副産物骨材を最大限利用 できるようにアスファルト自体 を改善させる。
ごみ熔融スラグ	動的安定度低下		
ダム堆積砂	OAC増加 動的安定度低下		
コンクリート砂	OAC増加 耐水性低下		
碎石粉	OAC増加 動的安定度低下 (岩種による)		
再生ポーラス砂	高粘度アス含有		



各種副産物骨材が、混合物性状に及ぼす課題を、バインダーであるアスファルトをそれぞれに応じて改質することで解決し、各種副産物骨材の利用拡大をはかる。

ポイントとして、

- 1) OAC増加
- 2) 動的安定度の低下

に着目して、方策2 アスファルト自体の改良を行い、検討を実施した。

1. 副産物骨材の課題と方策

検討事項: 特定改質アスファルト(改質Ⅱ型相当)

材料の種類	対策	特定改質アスファルトの コンセプト	特定改質アスファルト 仮称
転炉スラグ	OAC増の抑制	吸アス抑制	e-レジ
ごみ溶融スラグ	DS低下抑制	骨材把握力の向上	ティックレジ
碎石粉			レジフィックスH

2. OAC増加を抑制する特定改質アスファルト

各種副産物細骨材の吸アスファルト率および吸水率

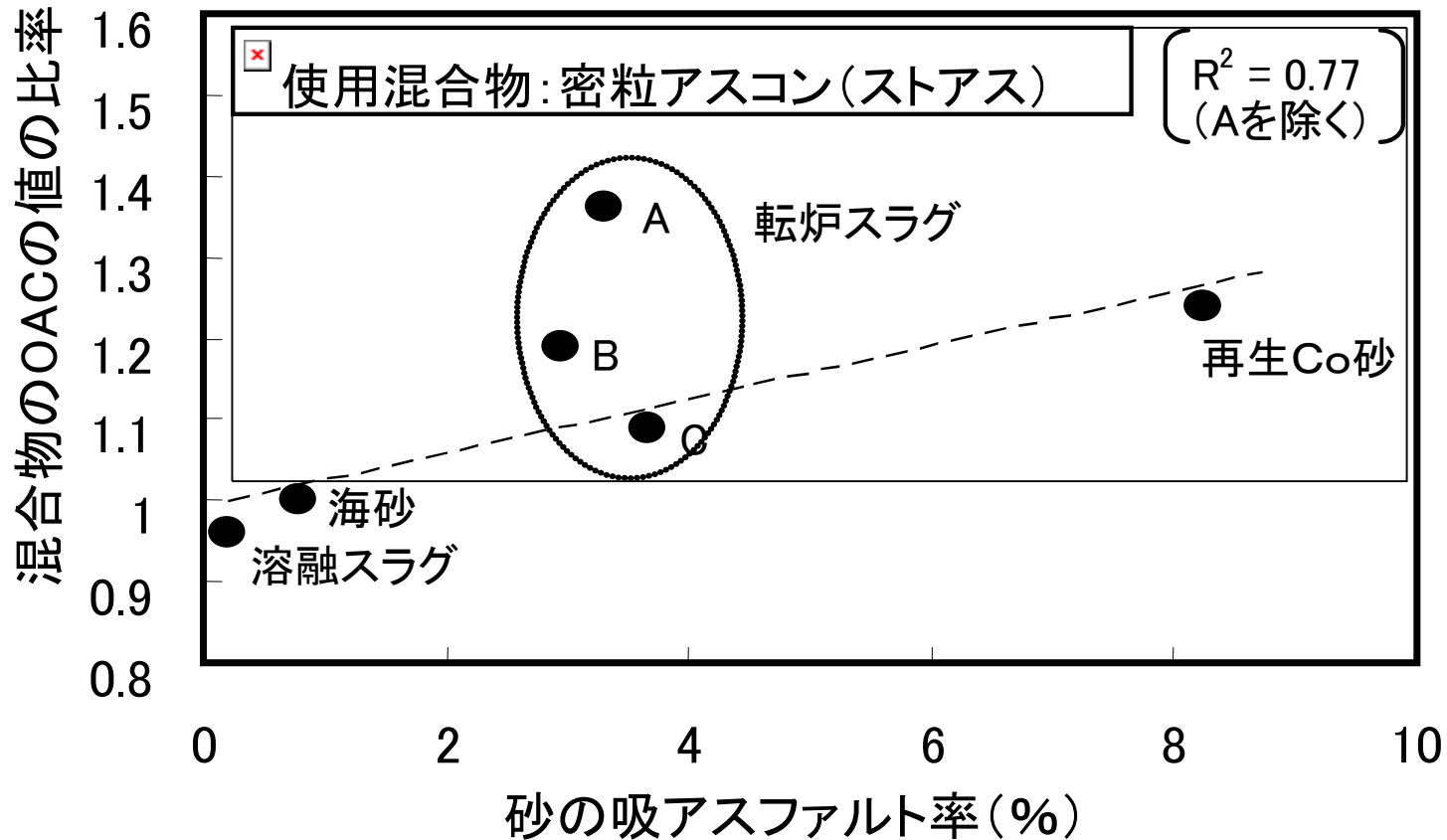
細骨材の種類	記号	見掛密度 (g/cm ³)	吸アス率 (%)	吸水率 (%)	吸アス/ 吸水率の比
転炉スラグ砂	A	3.165	3.31	3.73	88.7
	B	3.415	2.95	4.10	72.0
	C	3.634	3.67	3.89	94.3
電気炉スラグ砂	D	3.300	3.73	3.96	94.2
ゴミ熔融スラグ砂	E	2.867	0.21	0.34	61.8
再生コンクリート砂	F	2.628	8.24	9.32	88.4
高炉スラグ(水砕)砂	G	2.681	0.93	0.97	95.9
天然砂(海砂)	O	2.652	0.80	1.50	53.3



材料性状は各種副産物によって異なる。

2. OAC増加を抑制する特定改質アスファルト

課題



吸アスファルト率が高くなると、最適アスファルト量は増加傾向にある。

(課題① OAC増加)

2. OAC増加を抑制する特定改質アスファルト

転炉スラグ砂用(e-レジ)コンセプト

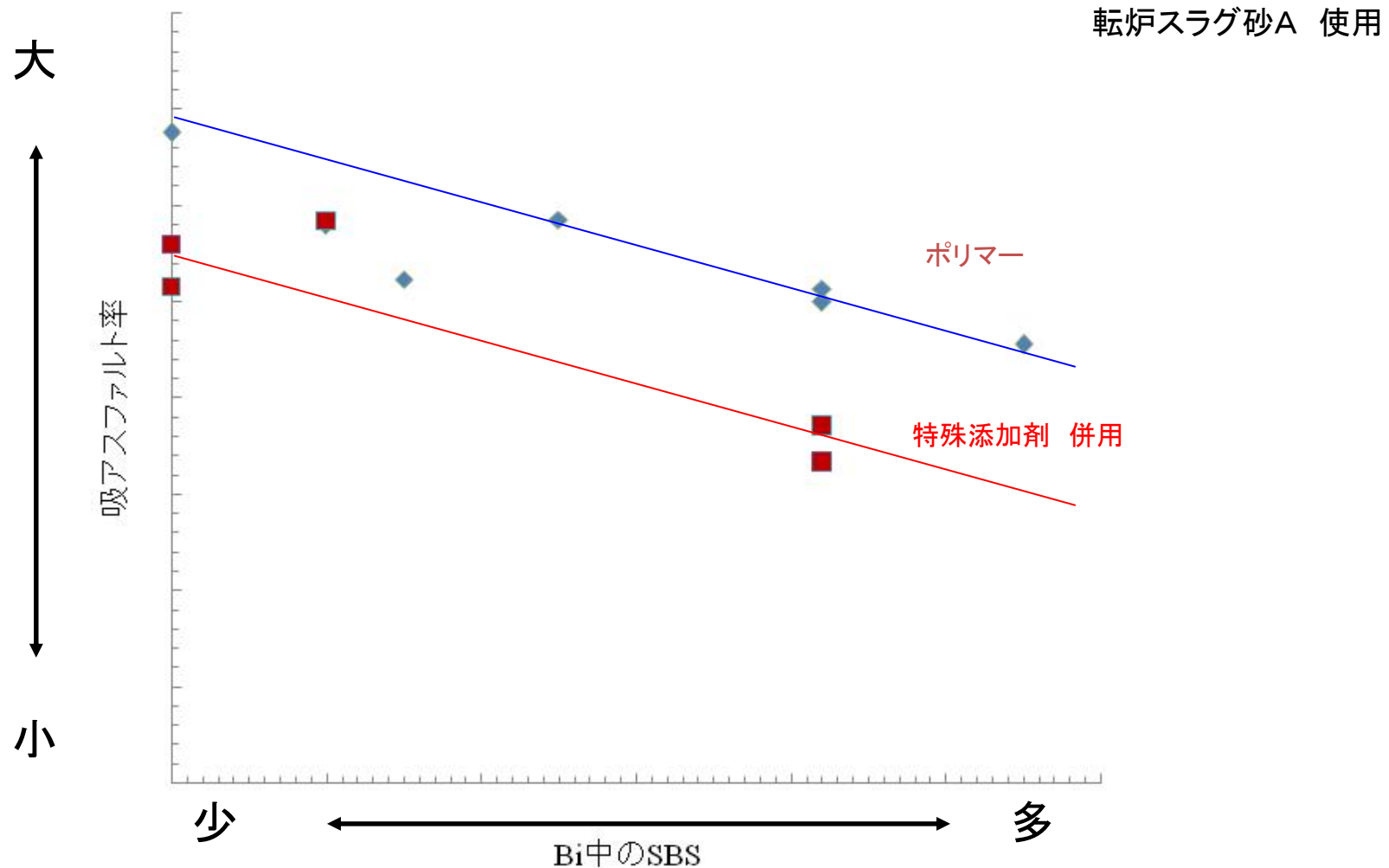
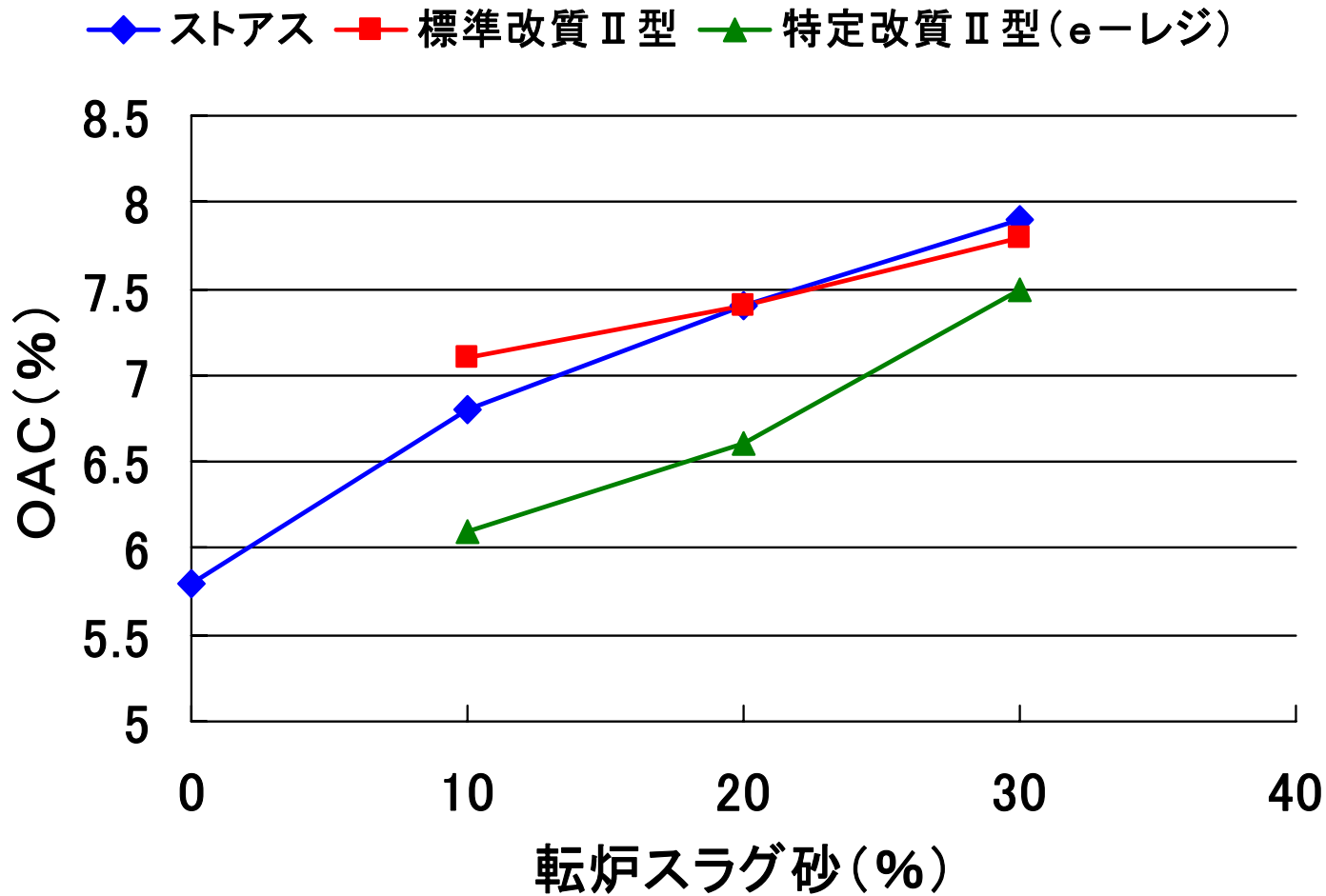


図 吸アスファルト量とSBS量の関係

2. OAC増加を抑制する特定改質アスファルト

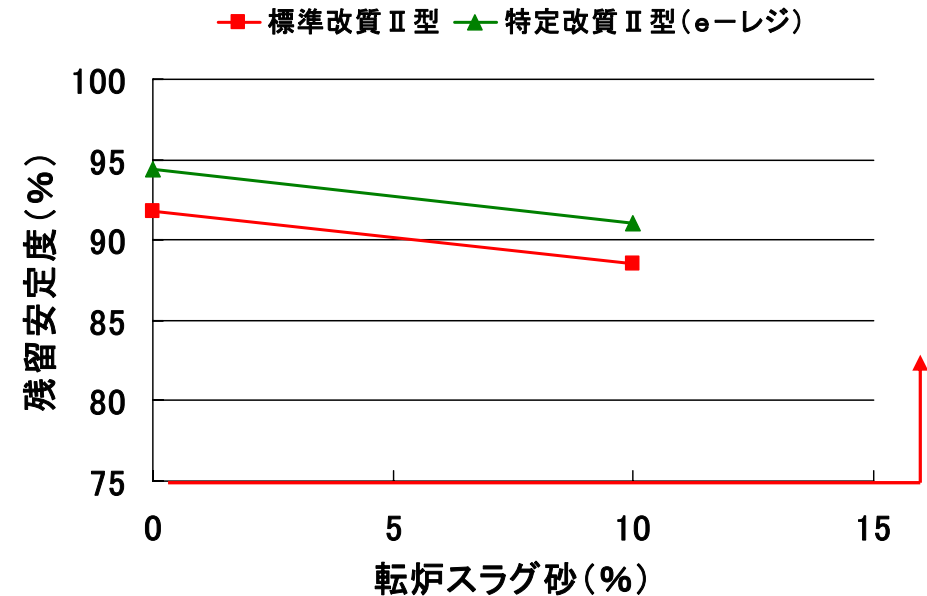
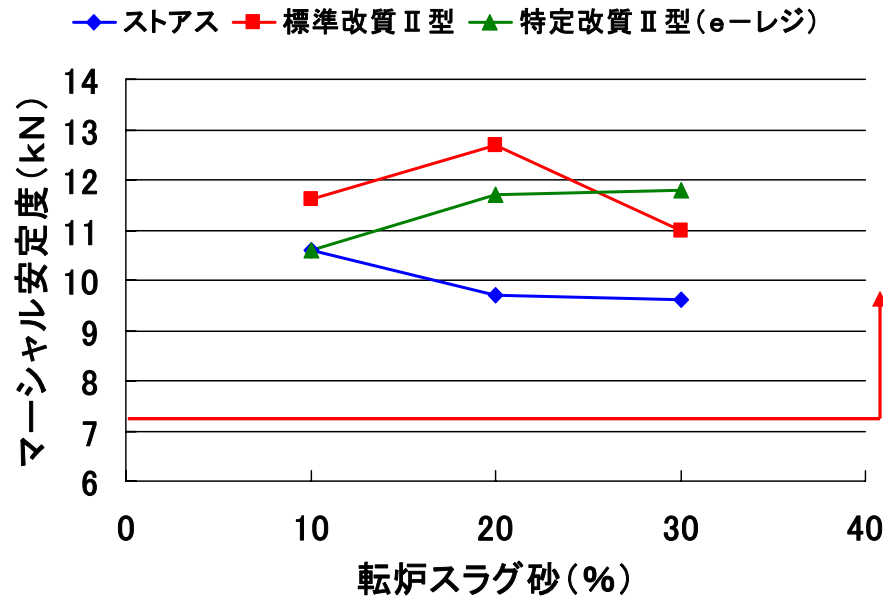
開発品の効果(OAC特性)



特定改質Ⅱ型(e-レジ)を用いると、OACの増加を抑制できる

2. OAC増加を抑制する特定改質アスファルト

開発品の効果(混合物性状)



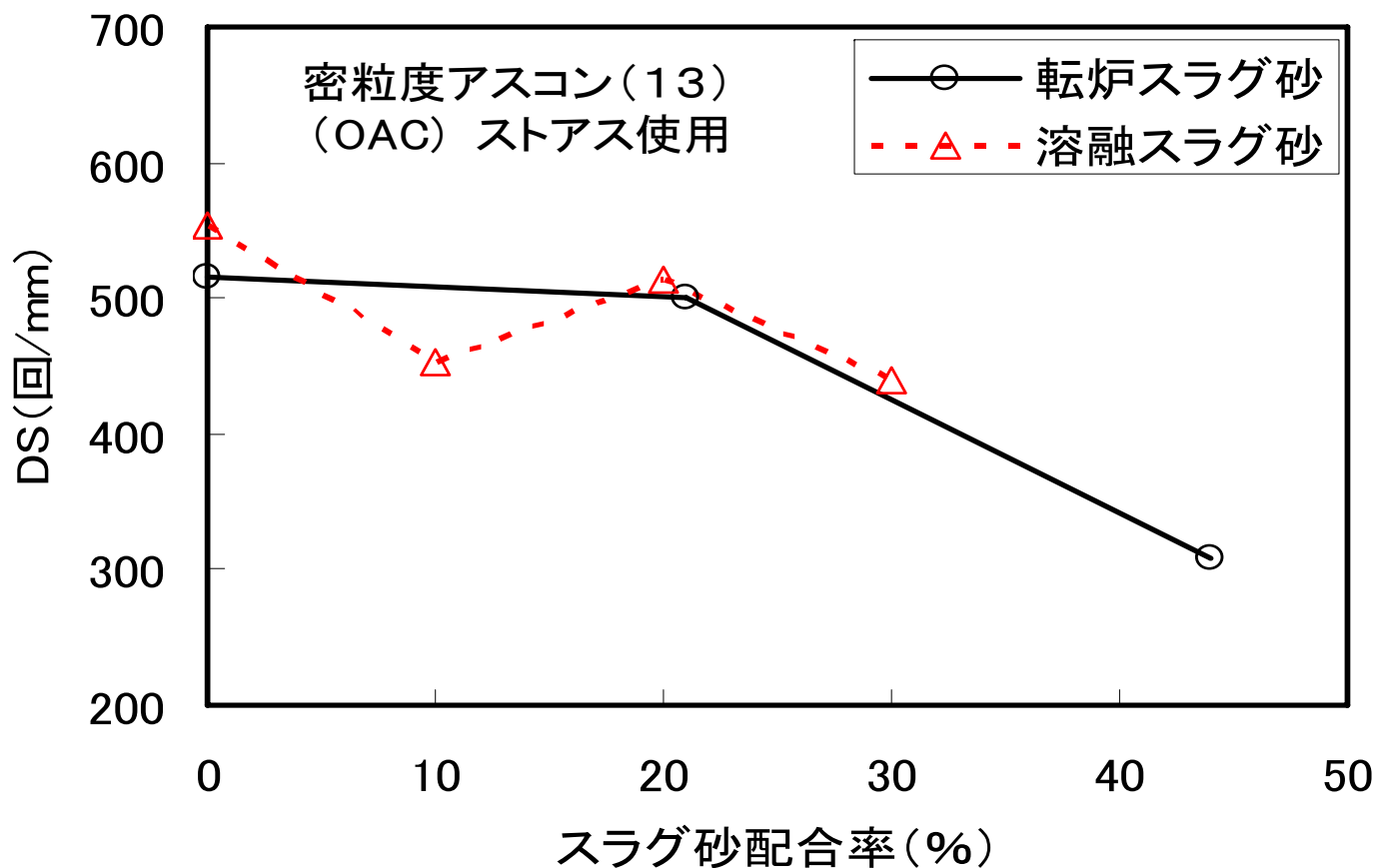
※アスファルト量は各配合における最適アスファルト量

特定改質Ⅱ型(e-レジ)を用いた混合物は・・・

- ・マーシャル安定度は通常のものと同程度である。
- ・残留安定度はアスファルト量は少ないにも関わらず、同程度である

3. DS低下を抑制する特定改質アスファルト

1) スラグ砂 課題

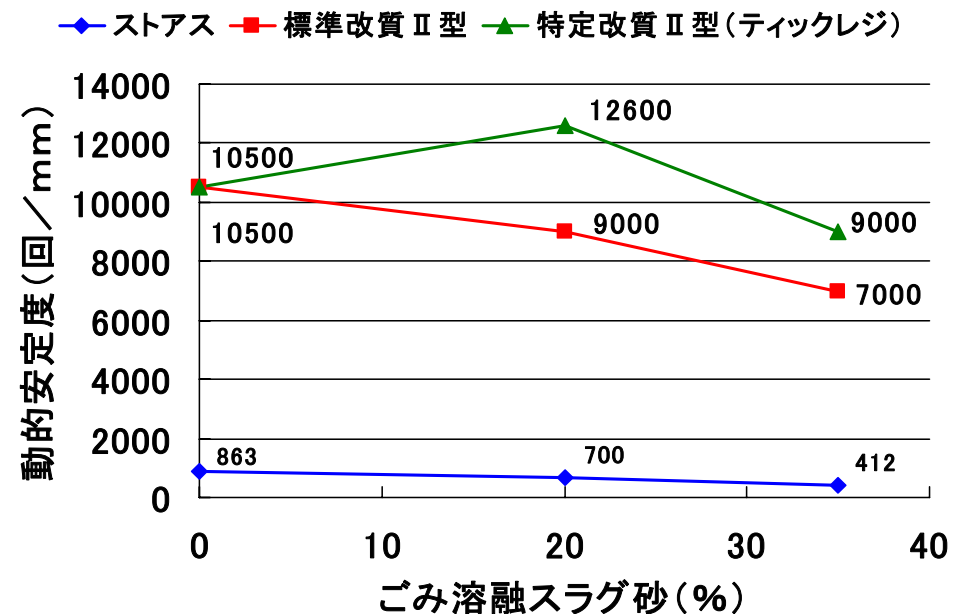
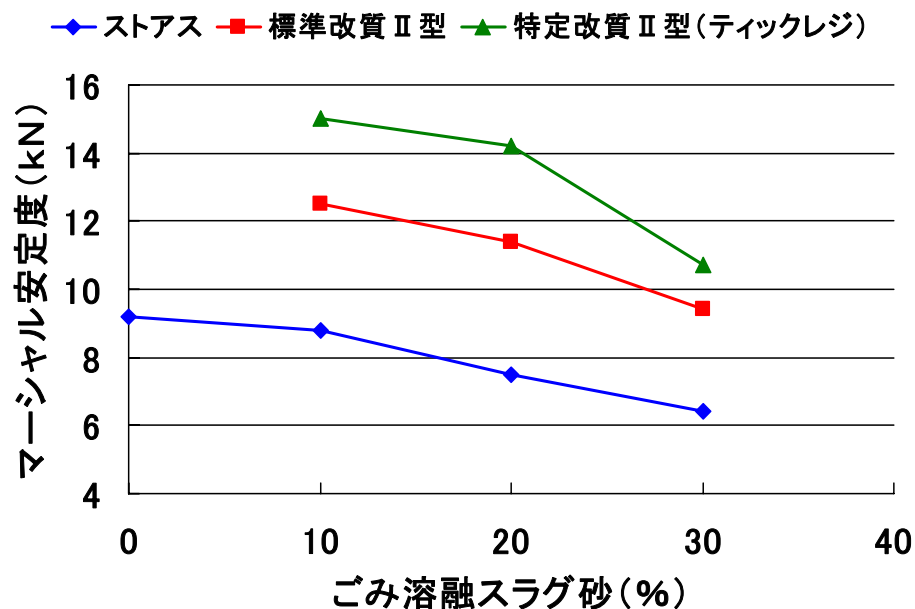


スラグ砂配合率が増加すると、動的安定度は低下傾向にある。
(課題②DS低下)

3. DS低下を抑制する特定改質アスファルト

1) ゴミ溶融スラグ砂

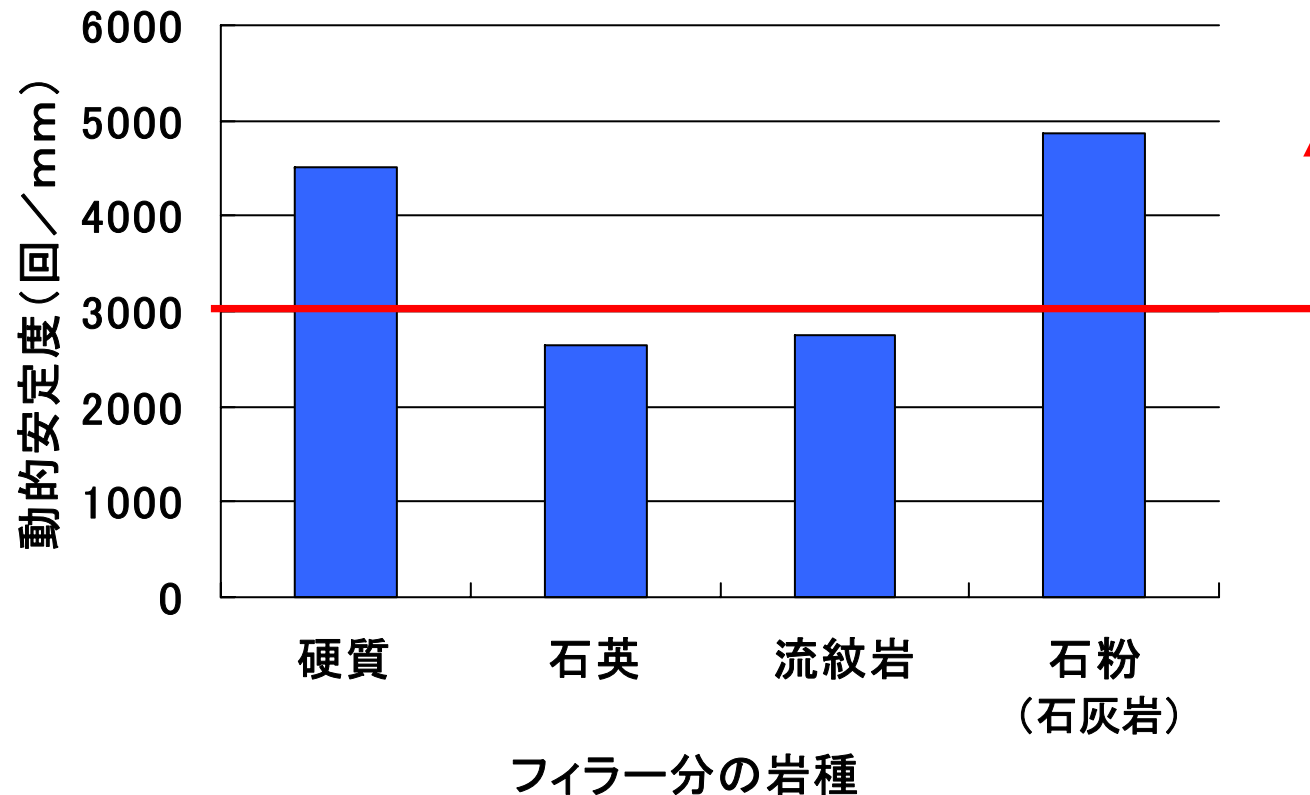
開発品の効果(混合物性状)



→ ゴミ溶融スラグ砂の配合量を増加させた場合
特定改質Ⅱ型(ティックレジ)を用いた混合物は、
高い混合物性状を確保できる。

3. DS低下を抑制する特定改質アスファルト

2) 砕石粉 課題

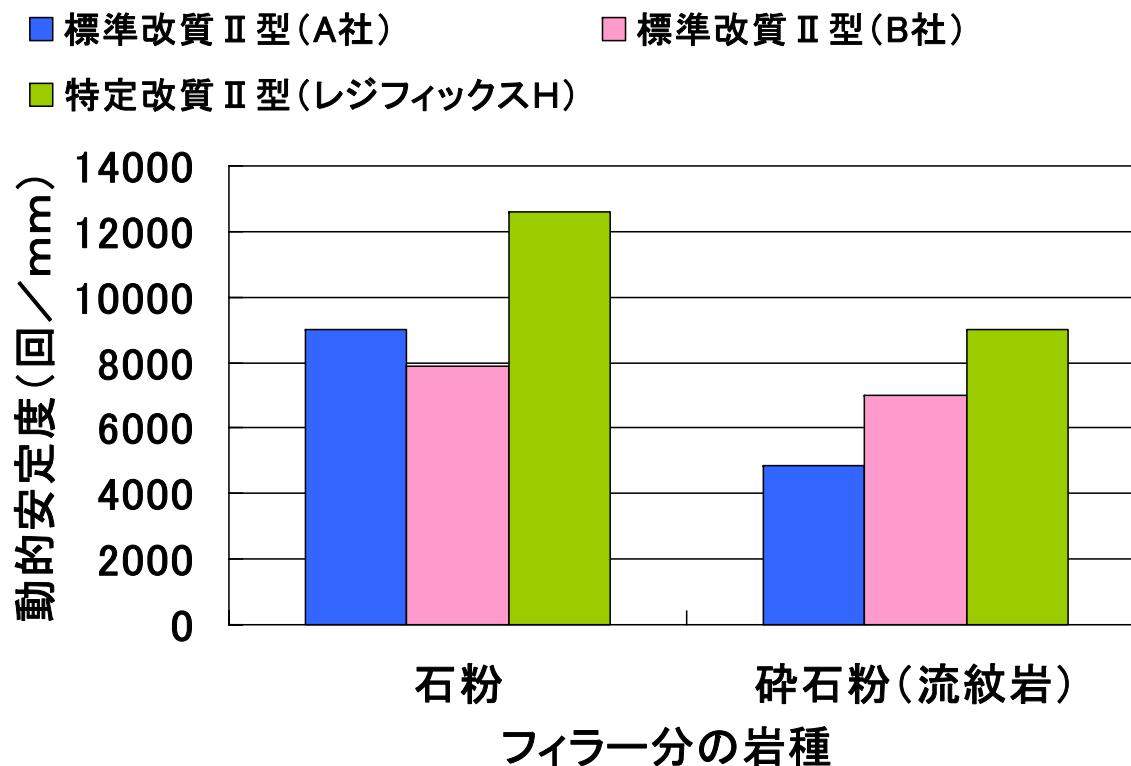


石粉の代替として、砕石粉を使用した場合、
砕石粉の岩種によって動的安定度が低下するものがある。
(課題②DS低下)

3. DS低下を抑制する特定改質アスファルト

2) 碎石粉用

開発品の効果(混合物性状)




特定改質Ⅱ型(レジフィックスH)を用いた混合物は・・・
・動的安定度は、石粉を使用したものと同程度である。

4. まとめ

1. 特定改質アスファルト(e-レジ)
 - ・転炉スラグ砂使用混合物のOACが低下できた。
2. 特定改質アスファルト(ティックレジ)
 - ・熔融スラグ砂使用量が増加した場合でも高い混合物性状を得られる。
3. 特定改質アスファルト(レジフィックスH)
 - ・流紋岩質碎石粉を用いた場合でも、高い動的安定度を得られる。

各種副産物骨材を
最大限利用できる



代替砂をより多く利用するためには、それぞれの材料に適した特性を有する改質アスファルトを用いることが1つの有効な手段である。

3. 試験施工追跡調査事例

(国道28号線 再生骨材・各種副産物骨材使用
排水性舗装工事にて)

近畿地方整備局

近畿技術事務所

近藤 康由

3-1 試験施工概要

(1) 目的

フィールドでの試験施工計画の一環として、国道43号発生材より回収した**再生粗骨材**および**3種類の副産物細骨材**の**排水性舗装への適用性検討**を目的に実施。また今回再生粗骨材回収時に生じる**再生細粒材**も基層の再生粗粒度アスファルト混合物に使用し適用性検討を行った。

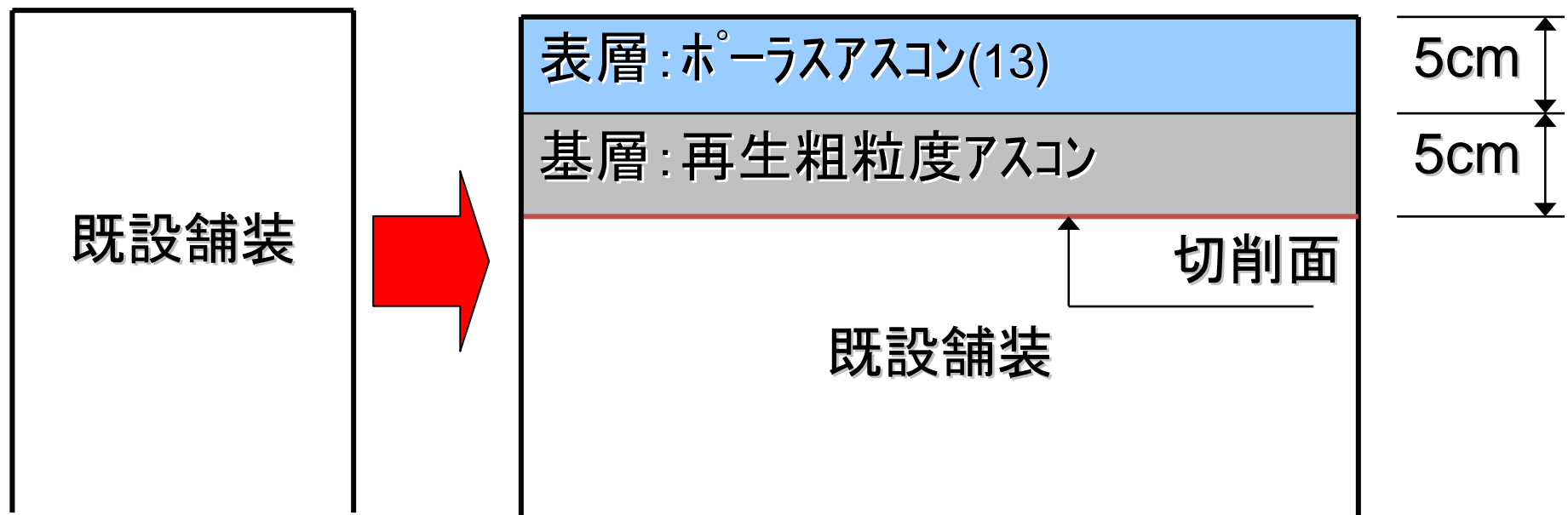
(2) 工事概要

- ① 工事名：洲本維持管内舗装修繕工事
- ② 発注者：近畿地方整備局 兵庫国道事務所 洲本維持出張所
- ③ 場 所：兵庫県淡路市浦地内(国道28号下り線)
- ④ 施工日：平成21年11月16,18,19日

(3) 試験施工場所



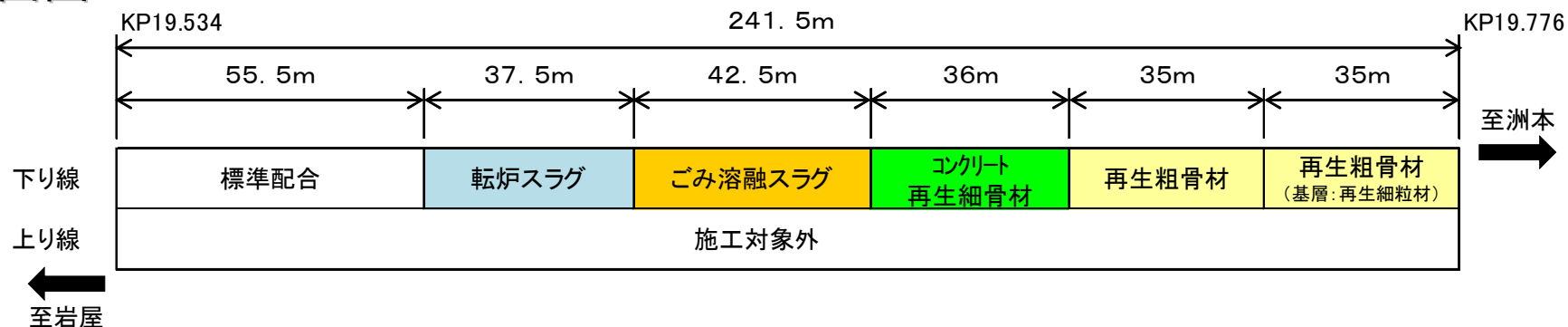
(4) 施工断面



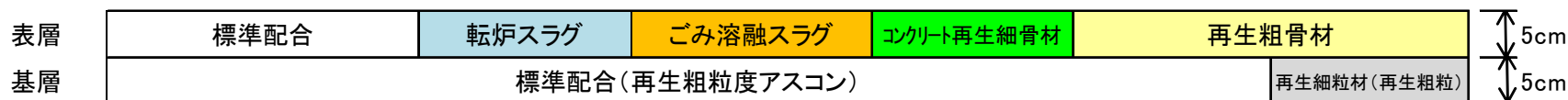
- 10cm切削後、2層オーバーレイ(5cm+5cm)

(5) 各工区の平面図と舗装構成

平面図



舗装構成図



- 工区は、標準配合工区、副産物配合3工区、再生粗骨材2工区の計6工区を設定
- 基層工に再生細粒材(20%配合)を用いた工区も設定

3-2 追跡調査概要

(1) 調査項目

調査項目

	調査項目	規 格
路面調査	縦断凹凸調査	3mプロフィールメータ
	横断凹凸調査	横断プロフィールメータ
	FWD調査※	FWD
	すべり抵抗測定	DFテスター
	すべり抵抗測定	BPN
	路面観察	スケッチ法
	試料採取	コア採取
	浸透水量測定	舗装調査・試験法便覧による
	路面騒音測定※	タイヤ近接音

※ FWD調査および路面騒音測定は、第2回調査より実施

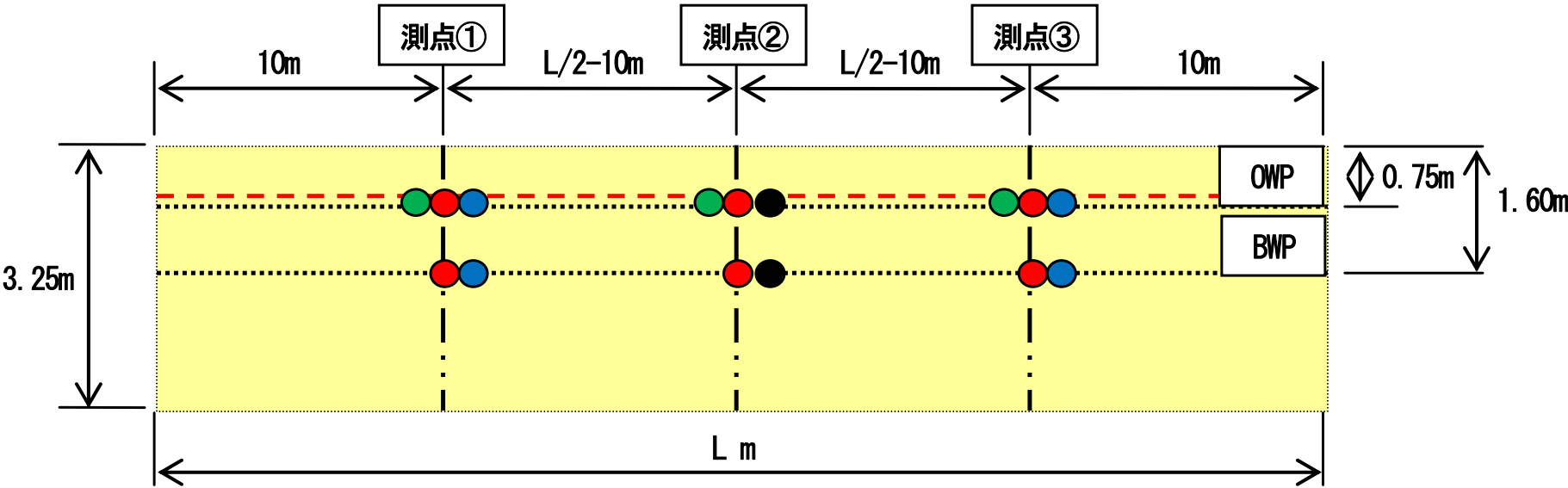
(2) 調査時期

調査時期

調査回数	経過月	調査年月
第1回	施工直後	平成21年11月
第2回	3ヶ月後	平成22年2月
第3回	11ヶ月後	平成22年10月

- ・調査は、施工直後を含め計3回実施

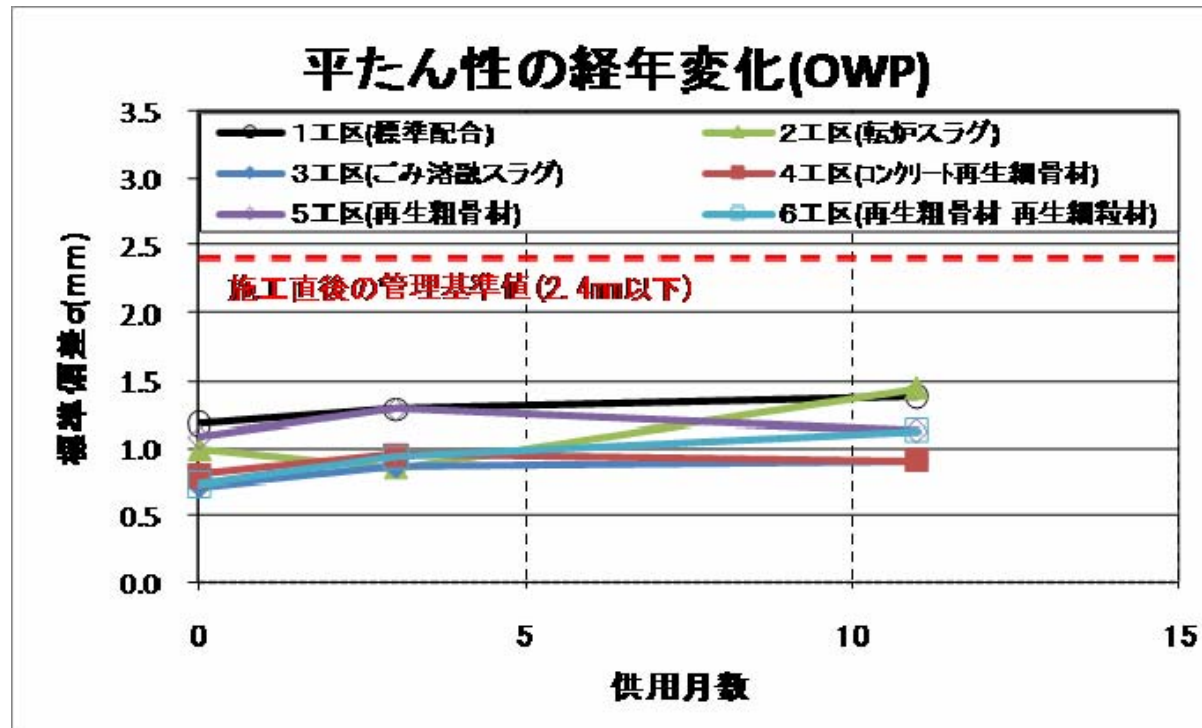
(3) 調査位置



- 凡例
- - - 路面騒音測定
 - 縦断凹凸量
 - . . - 横断凹凸量
 - FWD 調査
 - すべり抵抗 (DFT, BPN)
 - 試料採取
 - 浸透水量

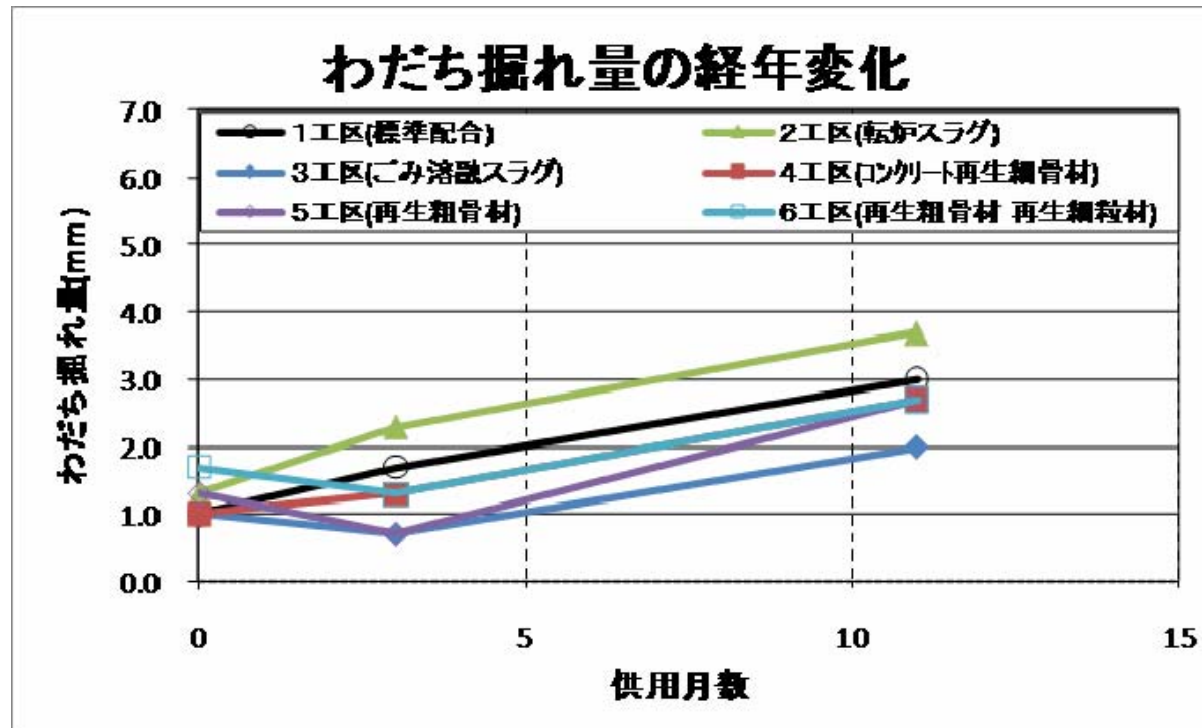
(4) 主な調査結果

1) 縦断凹凸量(OWP)



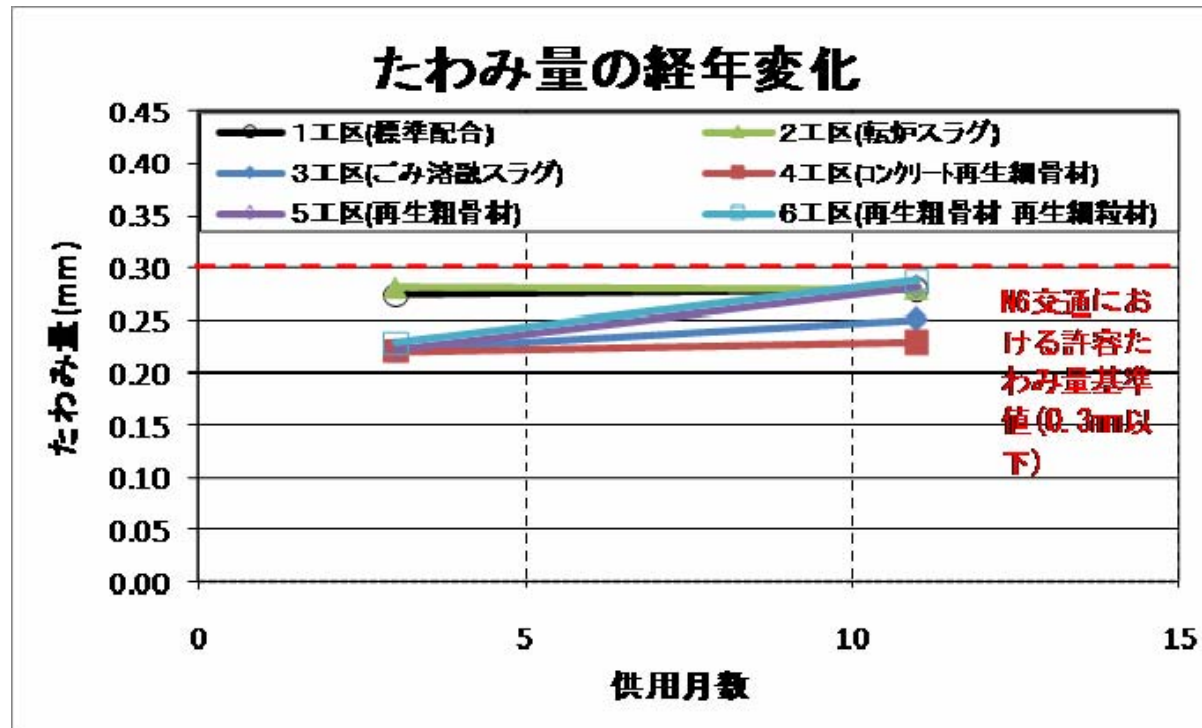
- ・いずれの工区の間所も施工直後からほとんど変化がなく、良好な平たん性を維持している。
- ・現時点でいずれも施工時の管理基準値(2.4mm以下)を十分に満足している。

2) 横断凹凸量(わだち掘れ量)



- ・いずれの工区も**増加傾向**を示しており、第2回調査時から第3回調査時の増加量は、**いずれの工区ともに同程度**となっている。
- ・現時点においては**いずれの工区も4mm未満の値**であり、特に問題はない。
- わだち掘れ量の増加は、いずれの工区ともに**2010年夏季**における**高温の影響**が考えられる。

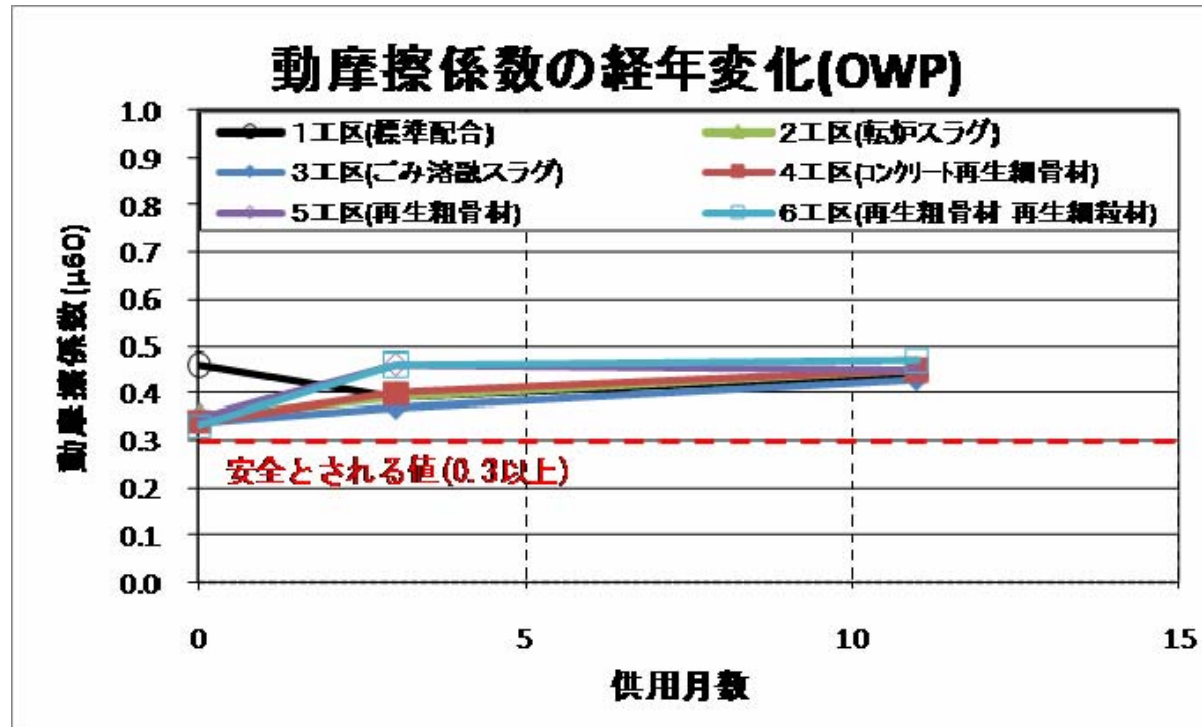
3) FWD調査(たわみ量)



・FWDによるたわみ量は、第2回調査に比べ第3回調査は増加している工区がほとんどであるが、その量はごくわずかである。いずれの工区もN6交通におけるたわみ量の許容値(0.3mm以下)を満足している。

→ 現地の舗装構造が安定しており、施工した舗装にも異常がないことを示しているものと考えられる。

4) すべり抵抗値 (DFテスター) [OWP]

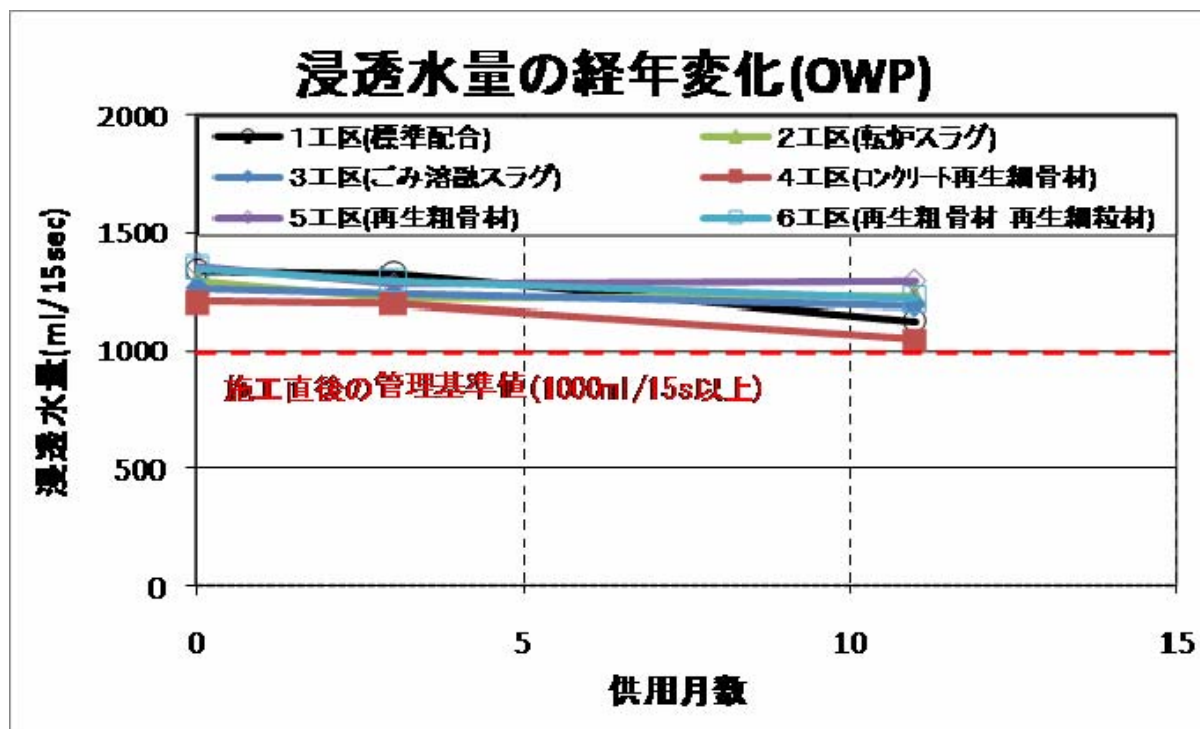


- ・動摩擦係数については、1工区において第2回目の調査で低下傾向が見られたが、第3回調査ではまた上昇している。その他いずれの工区ともに緩やかな上昇傾向を示している。
- いずれの工区ともに、供用後の舗装表面のアスファルト被膜の逸脱による粗骨材表面の露出により、すべり抵抗が上昇していることが考えられる。

5) 路面観察

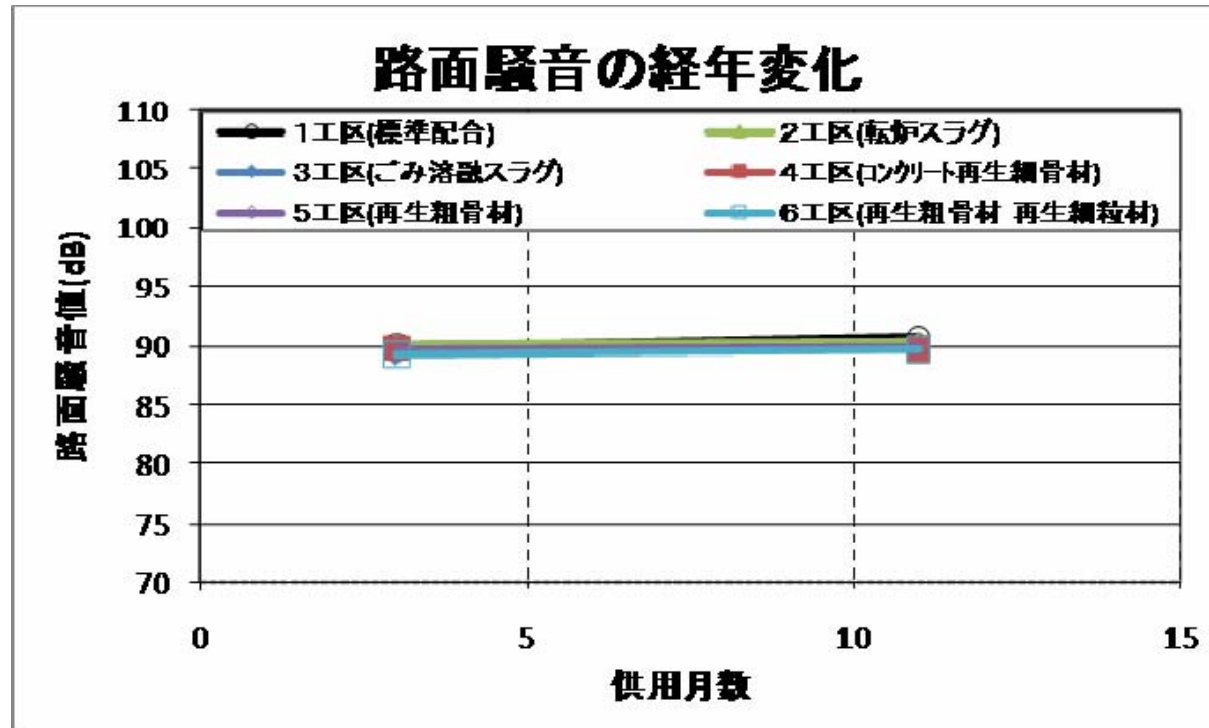
- いずれの工区も現時点でひび割れあるいはその他の異常などの発生はなく**良好な路面状態**を示している。

6) 浸透水量[OWP]



・いずれの工区ともに緩やかな低下傾向を示しているものの、**施工直後の管理基準値(1000ml/15sec以上)**を満足している。

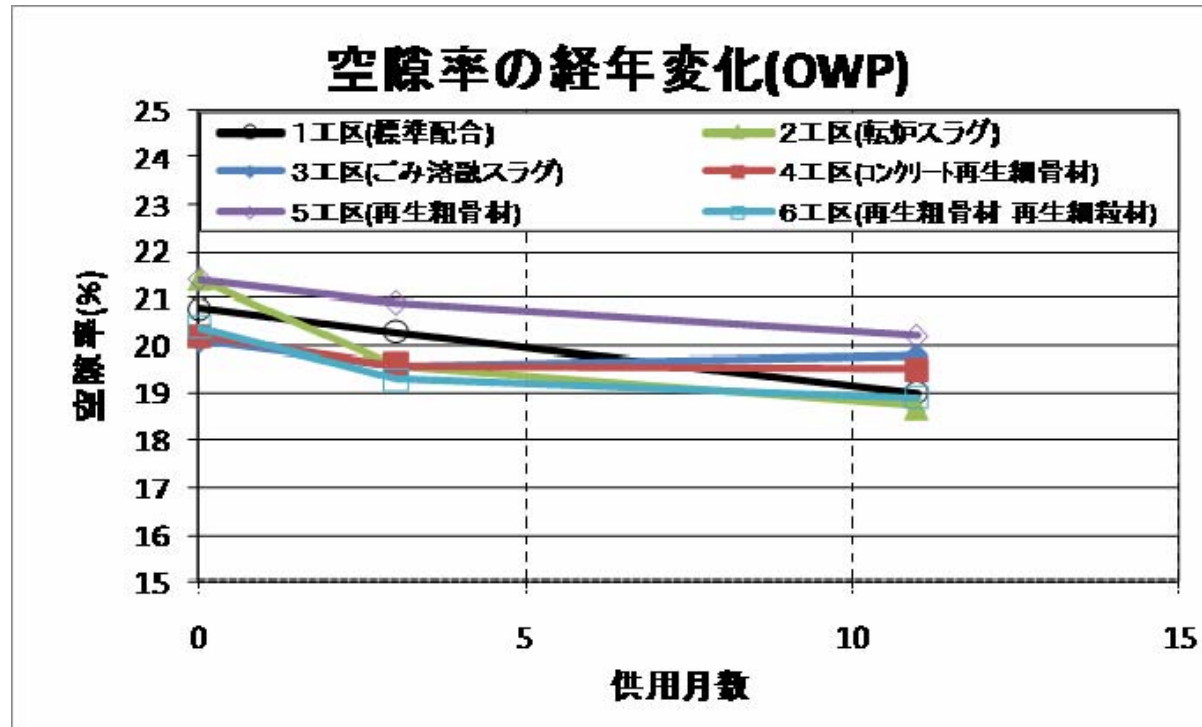
7) 路面騒音



・4工区(コンクリート再生細骨材)を除きいずれの工区とも上昇しているが、その数値はわずかである。

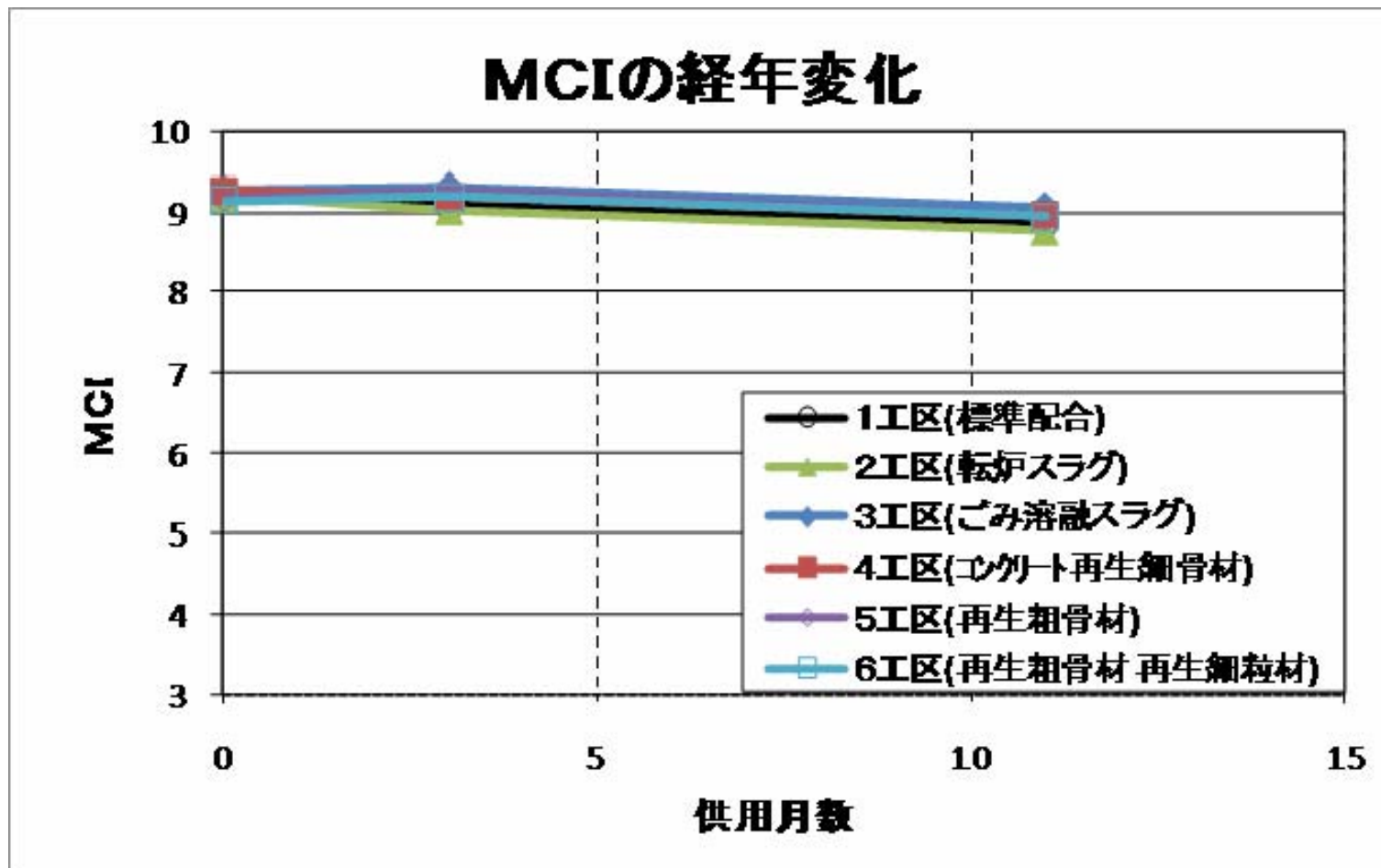
→ いずれの工区も浸透水量の大きな低下がなく、路面騒音への影響も少なかったものと考えられる。

8) 試料採取(空隙率)[OWP]



- ・空隙率については、いずれの工区も第2回調査にかけて低下傾向を示しており、第3回調査にかけては3工区(ごみ熔融スラグ)および4工区(コンクリート再生細骨材)がほとんど変化ないものの、その他の工区は緩やかな低下傾向を示している。
- ・いずれの工区ともに現時点において、おおむね当初の目標空隙率20%程度(20±1%)を満足している。

9)-1 MCI(道路維持管理指数)



9)-2 MCI(道路維持管理指数) 結果

・ひび割れ率、わだち掘れ量、縦断凹凸量から算出したMCIは、**いずれの工区も評価点8以上の値**となり、評価基準と対比しても**いずれの工区ともに良好な状態**であることがわかる。

評価ランク	評価点	評価内容
A	10	全く欠陥が認められない。(良)
B	8	いくぶん欠陥があるが良好とみなされる。
C	6	欠陥は多いが修繕を要しない。
D	4	簡単な修繕を要する。 (パッチング、部分的シールコート)
E	2	大規模な修繕を要する。 (オーバーレイ、打換えなど)

「舗装工学」社団法人 土木学会より

(7) 追跡調査結果の評価

舗装性状の評価(標準配合に対して)

項目\工区	2工区 (転炉 スラグ)	3工区 (ごみ溶 融スラグ)	4工区 (Co再生 細骨材)	5工区 (再生 粗骨材)	6工区 (再生粗骨材) (再生細粒材)	評価基準
平たん性(変化)	○	○	○	○	○	小さい程良い
わだち掘れ量	△	◎	○	○	○	小さい程良い
たわみ量(参考)※	(○)	(◎)	(◎)	(○)	(○)	小さい程良い
すべり抵抗	○	○	○	○	○	高い程良い
ひび割れ	○	○	○	○	○	少ない程良い
浸透水量	○	○	○	○	○	多い程良い
路面騒音	○	○	○	○	○	低い程良い
空隙率	○	○	○	◎	○	高い程良い
総合評価	○	○	○	○	○	

備考 ◎:標準配合より優位 ○:標準配合と同等 △:標準配合より若干劣位

×:標準配合より大きく劣位

※ たわみ量は路床路盤の影響を受けるため参考扱い

・項目により優劣はあるが、総合評価としてはいずれの混合物も
標準配合と同等と評価した。

(8) まとめと今後の課題

- ・いずれの各種副産物および再生粗骨材を用いた工区ともに現時点で**標準配合と同等の結果**が得られており、何ら問題ない。
- ・今回採用した各副産物および再生粗骨材の**排水性舗装への適用は可能**と考えられる。
- ・また再生細粒材の**再生粗粒度アスファルト混合物への適用も可能**と考えられる。
- ・現時点で比較的短期間での評価
→ 耐久性等を踏まえた舗装の性状や交通荷重等について、一定期間の追跡調査を行い**長期的な評価が必要**。

終わり

ご清聴ありがとうございました