

# 再生材料を用いた新しい舗装材料の耐水性に関する一検討

小形 仁\*1 片岡 直之\*1 山崎 健作\*1

## 1. はじめに

積雪寒冷地域では、厳しい環境条件下、写真-1 に示すような表層にクラック等の損傷が発生しやすい。そのため、基層は損傷部から浸入する水に晒され車両の繰り返し荷重を受けることとなる。その部分が脆弱化した場合、さらに損傷が進行し、ポットホールなどの走行に支障を来す損傷へと拡大することになる。従って、基層の耐水性を向上させることは、舗装のライフサイクルに影響する重要な要素である。



写真-1 表層クラックの発生例

一方、アスファルト再生骨材の利用推進は、環境への配慮という観点から舗装業界全体にとっての重要な課題であり、図-1 に示すとおり北海道地区のアスファルト混合物全体の製造量に対して再生混合物の占める割合は、約 75% に達している。しかし、再生骨材は、含まれる旧アスファルトや品質のバラツキがあるため、混合物に求められる性能や適用箇所によっては、混入率等を調整する必要もあり、生産量の増加にともないさらにきめ細やかな品質管理が要求される。

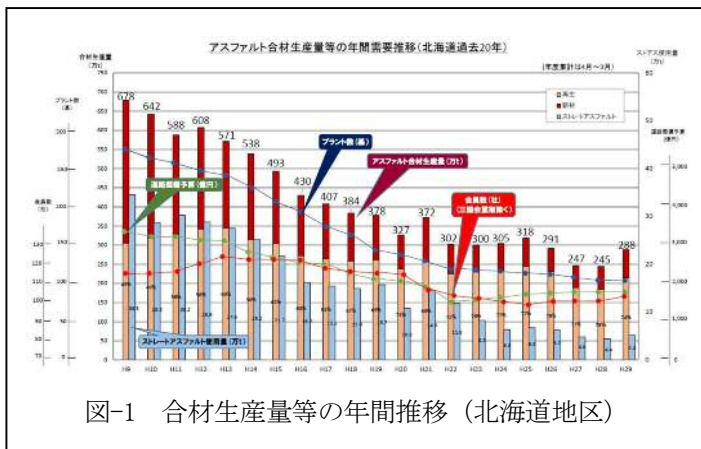


図-1 合材生産量等の年間推移 (北海道地区)

本報告では、耐水性に優れる砕石マッシュ混合物 (以下「SMA」と称す) を基層に適用するにあたり、再生骨材を混入した場合にどのような影響を与えるかを、耐水性に

関する試験から評価した結果について報告する。

## 2. SMA混合物について

SMA 混合物は、粗骨材の量が多くフィラーを多く含むアスファルトモルタルで骨材間隙を充填するギャップ粒度のアスファルト混合物であり、アスファルトモルタルの充填効果と骨材のかみ合わせ効果により、耐水性や耐久性などに優れる特長を持つ混合物である。植物性繊維の添加によりアスファルト量が増加することで、低空隙 (2~4%) となり水密性に優れた構造が形成される。

このような特長を持つ SMA 混合物に再生骨材を配合し各種試験を実施した。

## 3. 試験概要

### 3.1 評価試験

耐水性を評価する試験として、水浸マーシャル安定度試験 (以下「水浸マーシャル試験」と称す)、加圧透水試験および水浸ホイールトラッキング試験 (以下「水浸 WT 試験」と称す) にて評価することとした。

また、水浸 WT 試験の水位については、試験法便覧では供試体上面より 2cm 下に調整するとされているが、本検討では基層用混合物を対象としており、上、下面からの浸水も考慮するとさらに厳しい供用環境が想定されることから、写真-2 に示すように上面から 5mm 程度に水位調整を行うこととした。



写真-2 水浸 WT 試験状況

基本的な混合物の性状確認として通常の WT 試験も実施し、その他の試験については、舗装調査・試験法便覧に準拠し行った。

### 3.2 混合物の選定

対象とする混合物は再生 SMA であり、比較混合物は、道内において基層として出荷実績のある再生粗粒度アスファルト混合物（以下「再生粗粒」と称す）とした。使用した再生骨材の性状値および各配合、粒度曲線は表-1、2 および図-2 に示すとおりである。なお、使用材料は全ての配合で同一のものを用了。

再生混入率については、北海道開発局設計要領に記載のある上限 50%に準じて、再生粗粒度は 50%とした。しかし、再生 SMA に関しては使用した再生骨材の粒度により混入率が最大で 40%となるため、20%と 40%の 2 水準を混合することとした。

表-1 再生骨材性状値

項目		測定値
粒度 (通過 質量 百分率 %)	ふるい目(mm)	
	13.2	100.0
	9.5	87.0
	4.75	74.6
	2.36	55.8
	0.6	38.7
	0.3	27.0
	0.15	16.0
0.075	11.1	
旧アスファルト量(%)		4.8
針入度(1/10mm)		28

表-2 混合物配合

混合物種別	再生粗粒度 アスファルト 混合物	再生SMA			
		ストレートアスファルト 80-100		ストレートアスファルト 80-100	
アスファルト種別	ストレートアスファルト 80-100	ストレートアスファルト 80-100		ストレートアスファルト 80-100	
再生骨材混入率 (%)	50	20	20	40	40
再生添加剤 (対旧アス%)	12.0	12.0		12.0	
植物性繊維 (外割%)	なし	0.1	0.3	0.1	0.3
最大粒径 (mm)	20	20		20	
百分率 (%)	4.75mm	43	35.6	37.3	
	2.36mm	28.8	29.6	28.3	
	75 μ m	5.6	9.8	9.4	
アスファルト量 (%)	5.0	5.2	5.7	5.2	5.7
空隙率 (%)	5.0	3.0	3.0	3.0	3.0

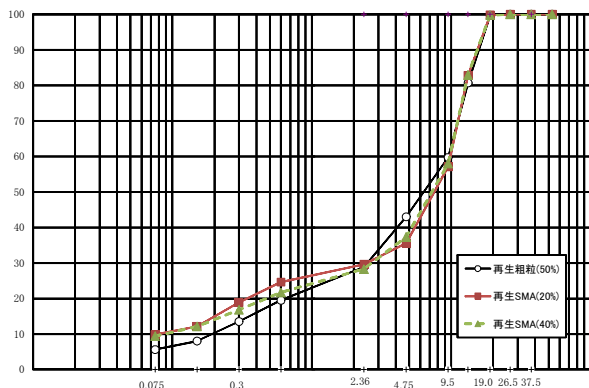


図-2 混合物の粒度分布図

また、耐水性確保の観点から植物性繊維を外割で添加することとし、添加量に比例し水密性も向上することが予想されることから、本試験では、0.1%と 0.3%とした。なお、再生添加剤の添加量は、再生アスファルトの設計針入度 90(1/10mm)を目標としたものでありアスファルト量は基準となる空隙率範囲の中央値とした。

### 4. 試験結果

各試験結果を図-3、4、表-3 および写真-3、4 に示す。

#### 4.1 水浸マーシャル試験

図-3 より、再生 SMA は再生添加量 20%、40%ともに、植物性繊維の添加量によらず、再生粗粒に比べ残留安定度が僅かに高い傾向を示したが、その差は 2%程度であった。

また、試験後の供試体を割裂して内部の骨材状況は写真-3 に示すとおりである。再生粗粒では若干はく離している骨材が見られるが、再生 SMA ではほぼ見られなかった。

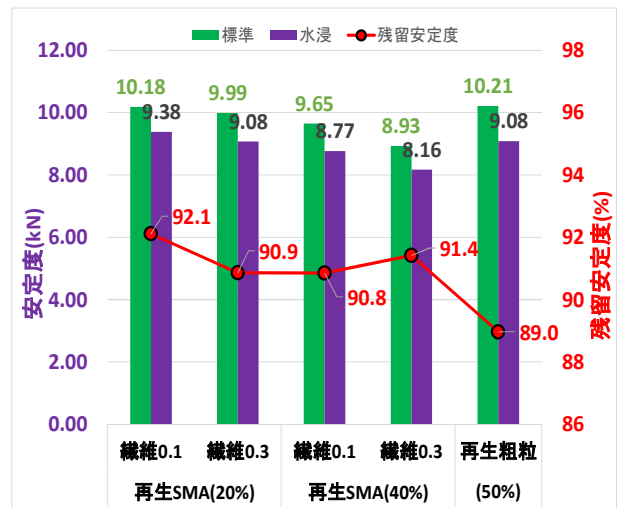


図-3 水浸マーシャル試験結果



再生粗粒(50%)

再生SMA(20%)  
繊維0.3%

写真-3 水浸マーシャル試験後の供試体

#### 4.2 水浸 WT 試験

図-4 より、再生 SMA は、再生粗粒に比べ剥離率が約半分以下となり、再生骨材混入率が少ないほど、植物性繊維が多いほど剥離率が小さい傾向を示した。

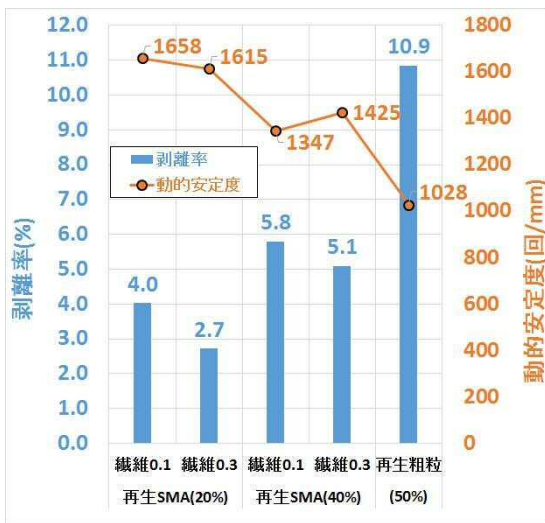


図-4 水浸 WT 試験結果

写真-3 は、再生粗粒と再生 SMA (20%) の水浸 WT 試験後の供試体断面であり、再生 SMA の方が再生粗粒に比べ剥離抵抗性が高いことが確認できる。



再生粗粒(50%) 剥離率 約11%



再生SMA(20%)  
繊維0.3% 剥離率 約3%

写真-3 水浸 WT 試験後の供試体

#### 4.3 加圧透水試験

表-3 より、抜き取りコアで空隙率にバラツキがあるものの、再生 SMA がいずれの配合においても不透水であったのに対して、再生粗粒では透水係数で  $2.2 \times 10^{-4}$  (cm/sec) となった。

#### 4.4 動的安定度

図-4 より、再生 SMA は、再生粗粒に比べ動的安定度が高い傾向を示した。再生骨材の添加量との相関が見られるが見られるものの、植物性繊維の添加量の影響は見られない。

表-3 加圧透水試験結果

混合物種	再生SMA				再生粗粒
	20		40		
再生混入率 (%)					
植物性繊維添加量	0.1	0.3	0.1	0.3	-
透水係数 (cm/sec)	不透水	不透水	不透水	不透水	2.2E-04
抜き取りコア空隙率 (%)	2.8	3.2	2.9	3.3	4.8
備考	・水圧0.5MPa状態24時間養生後に透水量を計測 ・WT試験用供試体からコアを抜き取り供試体とした ・供試体厚さ:5cm				

#### 5. 考察

以上の結果より、再生 SMA は、再生粗粒より耐水性に関して良好な結果が得られた。

##### 5.1 再生骨材混入率の変化による耐水性への影響

再生 SMA の再生骨材混入率 20%と 40%とを比べると、残留安定度では変化はほぼ見られないものの、水浸 WT 試験の剥離率は上昇傾向にある。しかし、水浸 WT 試験では水浸水位を高くし、下面給水の設定より厳しい試験条件としたことや、剥離率の上昇量が 2%程度であることを踏まえると、混入率が変化しても耐水性への影響は小さいと言える。

##### 5.2 動的安定度の向上による影響

再生 SMA は、骨材のかみ合わせ効果により動的安定度の向上が期待でき、図-4 に示すとおり再生粗粒よりも約 1.5 倍程度動的安定度が向上している。動的安定度が高くなると、繰り返し荷重を受けた際の混合物の流動が抑えられることから、剥離抵抗性が向上し、耐水性の評価としては有効に作用する。

##### 5.3 透水性への影響

加圧透水試験では、WT 試験用の供試体からコアを抜き取り供試体としたことから、空隙率が多少ばらついてはいるものの、表-3 に示すとおり再生 SMA は全て不透水であることから、再生骨材による透水性の低下の影響は見られないものと考えられる。



## 6. 試験結果のまとめ

以上より、再生 SMA は耐水性において再生粗粒より優れており、基層への適用は十分に可能と考える。また、再生骨材による耐水性への影響は限定的であり、繰り返し荷重を受けた際に若干剥離率が上昇する程度である。

## 7. ライフサイクルについて

再生粗粒および再生 SMA についてライフサイクルに着目し比較を行った。

### 7.1 合材単価

各合材単価を算出し、再生粗粒を 100 として比較した結果は表-4 に示すとおりである。なお、(仮)再生 SMA50 は、再生混入率を再生粗粒と同じ 50%とした混合物を想定して算出したものである。

再生 SMA は再生粗粒よりも高価となっているが、これは植物性繊維の添加やアスファルト量が多いことなどが要因である。また、再生混入率の増加に伴い合材単価が低下しており、再生骨材混入率の向上は合材単価のコストダウンに有効である。

表-4 合材単価 (概算) 比較

	再生粗粒	再生SMA20		再生SMA40		(仮)再生SMA50	
		繊維0.1%	繊維0.3%	繊維0.1%	繊維0.3%	繊維0.1%	繊維0.3%
合材単価	100	121	143	110	133	101	120
設定As量	5.0%	5.2%	5.7%	5.2%	5.7%	5.2%	5.7%
再生粗粒との差		+21	+43	+10	+33	+1	+20

※運賃別

### 7.2 ライフサイクルの算定

表層 (4cm) は再生密粒 (13F)、基層 (5cm) に再生 SMA40 (繊維 0.3%)、再生粗粒を適用する 2 ケースを想定し、解析期間を 30 年としてライフサイクルを算定する。

#### (1) 耐用年数

一般的なアスファルト舗装の耐用年数は 10 年であるが、本報告の水浸 WT 試験結果 (図-4) より、再生 SMA は、動的安定度および剥離率で混合物性状が向上することから、舗装体自体の耐用年数も向上することが推測される。交通量や供用条件にもよるが、本報告では耐用年数が 1.2 倍の 12 年になると仮定する。

#### (2) 建設費

建設費に関しては、表層、基層の材料費と施工費について算定することとする。

#### (3) 維持管理費

補修費用として小規模と大規模の 2 種類を設定し、施工単価は共通とする。

以上の設定からライフサイクルコストを算出した結果は、表-5、図-5 に示すとおりである。

再生 SMA を適用した断面では、合材単価が高くなるものの、基層の耐久性・耐水性の向上から耐用年数が長くなることにより、打ち替えや補修頻度の低減に繋がり結果としてライフサイクルコストの低減に寄与していることが確認できた。

表-5 ライフサイクルコスト算出結果

種別	単価 (円/㎡)	再生粗粒断面	再生SMA断面
		耐用年数10年	耐用年数12年
建設費	再生密粒13F	1,450	4,350
	再生粗粒	1,350	4,050
	再生SMA	1,650	4,125
維持管理費	補修(小)	1,000	3,000
	補修(大)	3,000	9,000
合計(円/㎡)		20,400	17,750

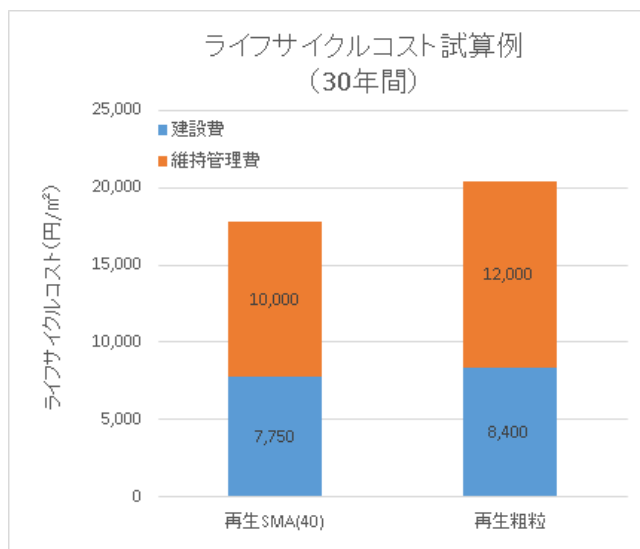


図-5 ライフサイクルコスト試算例

## 8. おわりに

再生SMAの適用にあたっては、舗装のライフサイクルを考える上でコスト低減が重要な課題となる。これには再生骨材の混入率向上によるコスト低減が有効であるが、それにとれない再生骨材や混合物の品質管理がさらに重要となる。本報告で着目した耐水性に関わる要素としては、従来の指標に加えて再生骨材の剥離抵抗性なども影響すると考えられ、今後は、これらの指標との相関にも着目しつつさらに検討を進めていきたい。