

## 機能性SMA (砕石マステックの耐久性と排水性舗装の 路面機能を併せ持つ舗装)

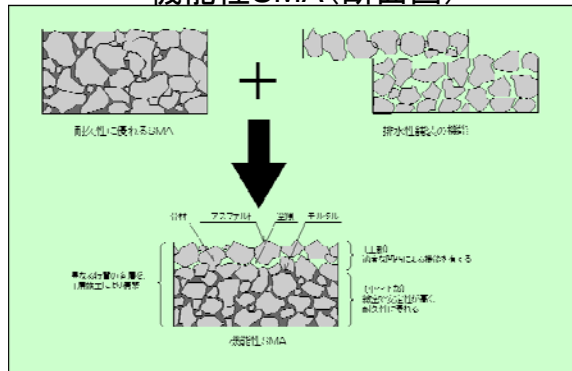
(独)土木研究所 寒地土木研究所  
寒地道路保全チーム

## 機能性SMAの開発目的

• 舗装の表層は深さ方向に材料的・力学的に均質となるように設計・製造・施工されるのが一般的である。このため、昨今の舗装に対する多様な技術的要請に対応したくとも、単機能層を積層した形の表層を1層施工で構築することは困難であった。この課題を解決するため、**排水性舗装のテクスチャと、極めて耐久性に優れた砕石マステックの長所を併せ持つ新混合物を設計・製造し、機能傾斜型の1層として構築する技術を開発した。**

- 株式会社NIPPOと共同研究
- 第3回国土技術開発賞

## 機能性SMA(断面図)



## 機能性SMAについて

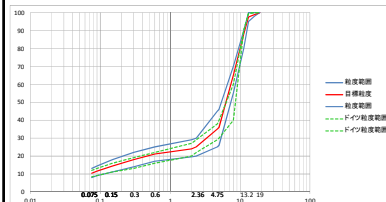
• SMA(ストーンマステックアスファルト)  
SMAとは開粒度舗装の一つであり、粗骨材とフィラーの量が通常の舗装よりも多いアスファルト混合物で、砕石のかみ合わせ効果とアスファルトモルタルの充填効果により、耐久性に優れたアスファルト混合物である。

### 機能性SMA

機能性SMAは、舗装表面の骨材の凹凸がある、いわゆるマクロテクスチャの粗いSMAのことで、排水性舗装(きめ深さ1.5mm)に近いきめ深さを有する舗装のことである。このため、耐久性、すべり抑制効果などの機能を求められる箇所に適したアスファルト混合物と考えられる。

## 機能性SMAの配合設計

### きめの深いSMAの配合設計例



名称	規格	配合割合(%)
アスファルト	H型	6.0
植物繊維		0.3

### マッシュタル試験における目標値

項目	基準値
マッシュタル試験回数	50回
マッシュタル安定度	5kN以上
フロー値	20~50(1/100cm)
空隙率	3~7%
飽和度	65~85%

### 目安値など

項目	目安値
標準基準密度	2.25t/m <sup>3</sup>
動的安定度	3000mm/回以上
低温カンタプロ損失量	20%以下
きめ深さ(初期値)	1.0mm以上 CTメーターによる測定 (またはサンディテック法)

## 試験施工に用いる「きめの深いSMA」について

### 植物繊維について



綿状タイプの植物繊維



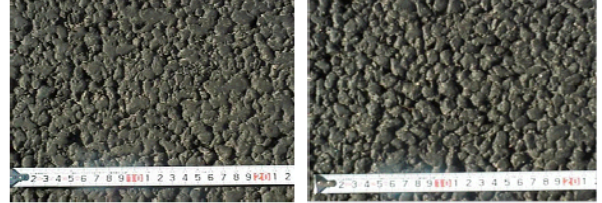
粒状タイプの植物繊維

写真の植物繊維の原料は天然の木材(チップ)を使用したもの

## 機能性SMAの特長

1. 耐久性
  - ① 耐流動性の向上
  - ② 耐摩耗性の向上
  - ③ 骨材飛散抵抗性の向上
2. 機能
  - 沿道環境の保全
    - ① 道路交通騒音の低減
    - ② 沿道への水はねの低減
    - ③ 車両走行安全性の向上
      - ・雨天時のすべり抵抗性の向上
      - ・夜間・雨天時の視認性の向上
      - ・路面凍結抑制効果の向上

## 機能性SMAの舗装表面



機能性SMA

排水性舗装

## 排水性舗装の補修時期

施工年次	施工箇所数 (工区)	補修時期			
		補修無	5年後	6年後	7年後
H12施工	6工区	2	※一部補修箇所有	4	※一部補修箇所有
H13施工	9工区	3		4	2
H14施工	9工区	4	2	3	
H15施工	8工区	7	1		

## 排水性舗装の補修サイクルは、概ね5~7年程度

※(北海道開発局札幌開発建設部札幌道路事務所の施工実績より)

## 経年変化状況

施工場所: 一般国道36号 苫小牧市有明  
 施工年度: 平成14年度  
 交通量: 34,145台/24h 大型車混入率57.2%



平成14年に施工した「機能性SMA」の損傷状況を目視によって確認したが、目立った損傷は発生しておらず、供用後10年経過した現在でも健全な状態を保っていることが確認された。

## 機能性SMAの施工実績例

### 施工後10年経過現存箇所例(H12-14施工分)

路線名	開発建設部	施工箇所	施工年度	施工延長	合材種類	わだち掘れ量(mm)	ひび割れ率(%)	調査の時期	調査時の経過年数	バウチング率(%)
一般国道5号	小樽	小樽市張碓	平成12年	100m	H型・縦横有	14.4	2.4	平成24年	12年	0.0
一般国道38号	帯広	帯広市石狩通り	平成12年	1300m	H型・縦横有	13.5	4.1	平成24年	12年	0.5
一般国道36号	室蘭	苫小牧市元町	平成13年	1800m	H型・縦横有	11.3	4.0	平成23年	10年	0.0
一般国道36号	室蘭	苫小牧市本町	平成13年	600m	H型・縦横有	9.3	7.6	平成23年	10年	0.0
一般国道38号	帯広	帯広市石狩通り	平成13年	1000m	H型・縦横有	10.9	6.8	平成24年	11年	0.0
一般国道236号	帯広	帯広市市街	平成13年	200m	H型・縦横有	6.0	2.9	平成20年	7年	0.0
一般国道12号	旭川	旭川市大町	平成14年	1000m	H型・縦横有	9.5	0.2	平成24年	10年	0.0
一般国道12号	旭川	旭川市末広	平成14年	4800m	H型・縦横有	9.5	0.2	平成24年	10年	0.0
一般国道36号	室蘭	苫小牧市日吉町	平成14年	1600m	H型・縦横有	15.0	5.2	平成23年	9年	0.2
一般国道38号	帯広	帯広市依田	平成14年	1100m	H型・縦横有	12.6	8.6	平成24年	10年	0.0

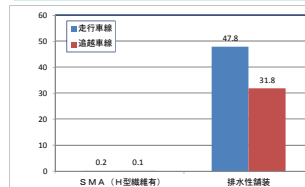
※ 調査は路面性状自動測定車で実施したデータである。

※ バウチング率は平成24年度に実施した目視調査の結果により算出した。

・供用後10年程度、経過したきめの深いSMAは比較的健全である。

## 【参考】SMA舗装と排水性舗装の耐久性比較について

国道12号札幌市厚別区大谷地で、平成11年に、きめの深いSMAおよび排水性舗装区間を施工し、調査を行った。

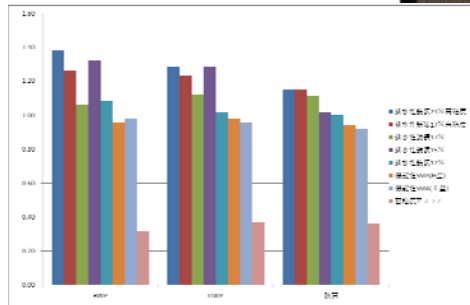


路面補修率の比較

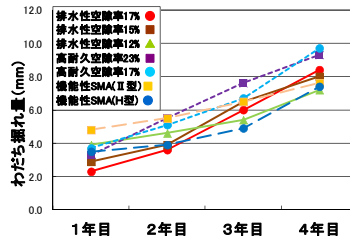
排水性舗装区間の破損状況

施工後、7年10ヶ月経過後の補修面積率を測定した結果、排水性舗装区間の補修面積率は30%~50%程度であったのに対し、きめの深いSMA区間の補修面積率は0.2%程度であった。

### きめ深さ(サンドパッチ)

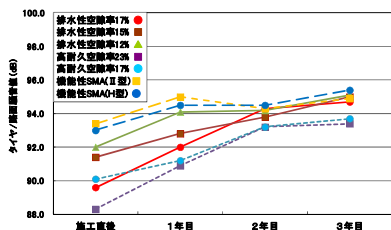


### 混合物の違いによるわだち掘れ量試験結果

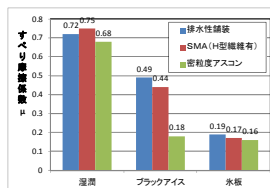


●機能性SMAは現状の排水性舗装に比べてわだち掘れ量は低くなった。

### タイヤ/路面騒音の測定



### ●路面状況別すべり抵抗値の比較



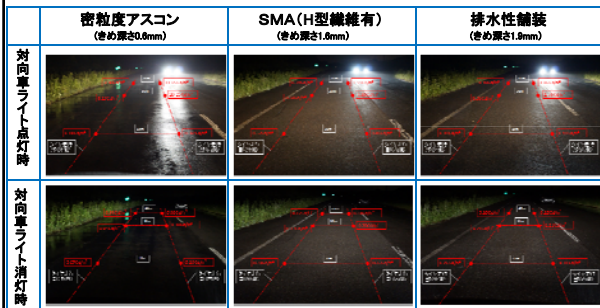
※試験条件  
 ・観測年月: 平成24年2月  
 ・観測箇所: 苫小牧寒地試験道路  
 ・測定はすべり試験車を使用  
 ・路面の湿潤条件は、放水車により厚さ0.5~1.0mmの範囲の水膜を作成して測定

### すべり抵抗値の比較

・初冬期に見られる、ブラックアイス状態の路面においては、機能性SMAは排水性舗装とほぼ同等の機能を有することが確認できた。  
 ・濡潤、氷板の路面状態においては、機能性SMA、排水性舗装、密粒度アスコンとも変わらない結果であった。

### ●試験施工の結果(機能に関する検証)

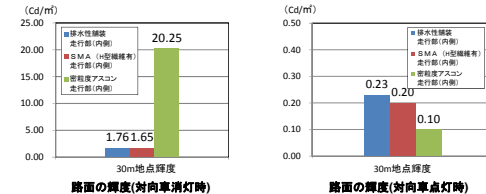
夜間視認性の検証(輝度計による湿潤路面反射測定状況)



撮影: 苫小牧寒地試験道路 平成25年8月

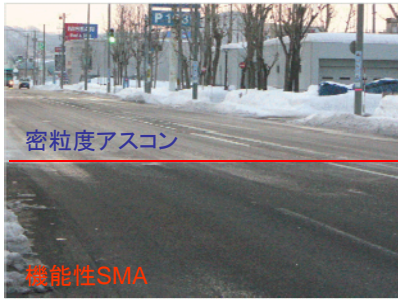
### ●試験施工の結果(機能に関する検証)

夜間視認性の検証(輝度計による湿潤路面反射測定状況)

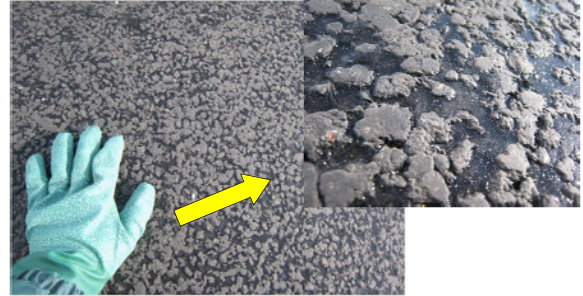


・対向車のライト点灯時においては、機能性SMAは排水性舗装とほぼ同程度の明るさであった。密粒度アスコンと比較した場合、反射する量が小さいことが確認できた。  
 ・対向車のライト消灯時において、機能性SMAは排水性舗装とほぼ同程度の明るさが確認できた。密粒度アスコンと比較した場合は、路面が明るいことが確認できた。

### 機能性SMAの冬期路面对策の効果(凍結時)



### 機能性SMAの冬期路面对策の効果(凍結時)



水分が溝に落ち、表面が乾燥し、舗装表面が滑らない

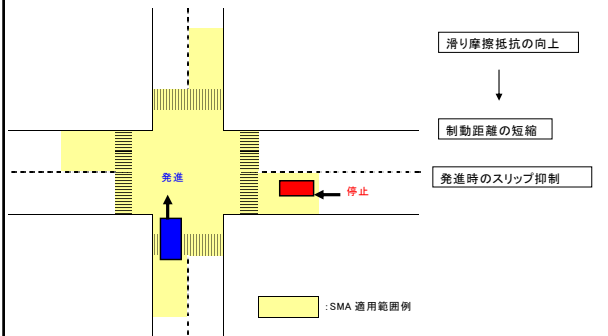
### ●機能性SMAの適用箇所について

1. 冬期路面对策
2. 交差点のすべり対策
3. トンネル内の明色舗装
4. **高規格幹線道路の表層用混合物**

### 冬期路面对策(坂道)



### 交差点のすべり対策



### トンネル内の明色機能性SMA



#### 特徴・利点

- 明色性が確保できる(既設照明をそのまま活用できる)
- 即日開放が可能で、交通に与える影響が小さい
- すべり抵抗性の改善が期待できる
- 平坦性が良好で走行性が良い
- 維持管理が通常のアスファルト舗装と同様で容易

●はじめに

北海道における高規格道路等の表層用混合物は雨天時の安全な高速走行に配慮して、排水性舗装が用いられている。

課題点

- ・タイヤ走行部、橋梁ジョイント接続部において、骨材飛散、ひび割れが発生するなど、機能が低下している箇所が多く発生している。
- ・排水性を維持するため、冬期路面管理に防滑材を使用できず、凍結防止剤を散布するなど、日常の路面管理費用にも負担が生じている。



高規格道路の排水性舗装の破損状況

●はじめに

高規格道路用の新たな表層用アスファルト混合物について「産、官、学」による「積雪寒冷地における舗装技術検討委員会」において検討を行った。

排水性舗装に替わる表層混合物の機能として

- ①雨天時の安全な高速走行性能を確保できるきめ深さを有している
- ②経過年数、交通量、除雪などの作用に対して、耐久性が高い
- ③冬期の防滑材の散布等、路面管理に対する影響を受けにくい

以上の機能を有する必要があることから、高耐久な機能性SMA(委員会ではきめの深いSMA)による試験施工が検討委員会から提案された。

高規格道路の排水性舗装の破損状況

●試験施工の概要

●きめの深いSMAの試験施工箇所

- 平成24年度試験施工箇所
- ①名寄バイパス (名寄市内)
  - ②深川留勝道 (留勝市)
  - ③函館新道 (七飯町)
  - ④一般国道453号 (札幌市)
  - ⑤一般国道36号 (札幌市内3箇所)



試験施工の施工条件

- ①同一方向車線上の連続する箇所
- ②各アスファルト混合物の施工延長が200~300m程度確保できる箇所
- ③交通変化の少ないIC間および橋梁などの構造物の影響が少ない箇所

●試験施工の概要

試験施工に用いる混合物は、耐久性やコストに大きな影響を与える、機能性SMAに用いるアスファルトの種類や添加する植物繊維の有無により比較を行った。

・アスファルトの種類について

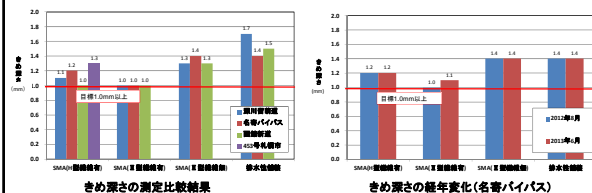
アスファルトの種類は耐久性やきめ深さが確保されやすい改質Ⅱ型、H型(高粘度)を選定

・植物繊維の効果について

繊維の有無の検証は経済性を考慮した改質Ⅱ型の混合物と比較して検証

●試験施工の結果(機能に関する検証)

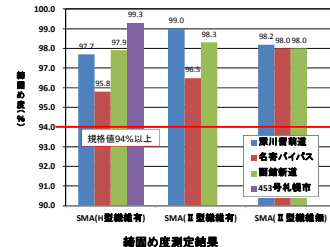
きめ深さの検証



きめ深さの比較では施工箇所ごとにより数値に違いはあるが、目標とした1.0mm以上になっていることが確認された。また、約1年が経過した後のきめ深さを比較した結果、いずれの混合物も大きな変化がなく、きめ深さ1.0mm以上を保持していた。

●試験施工の結果(施工に関する留意点の検証)

・締固め度測定結果



【参考】混合物の空隙率

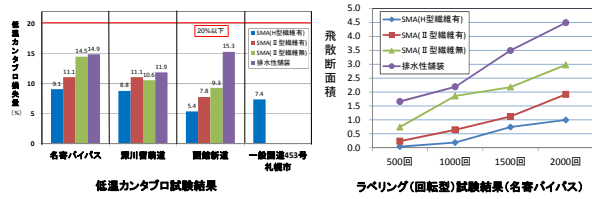
	I型繊維有	II型繊維有	II型繊維無
深川留勝道	5.1	4.9	5.0
名寄バイパス	5.1	5.0	5.0
函館新道	4.9	5.0	5.0
453号札幌市	5.0	-	-

締固め度は仕様書の規格値94%以上を確保していた。

土研新技術セミナー(これからの舗装技術)

●試験施工の結果(耐久性に関する検証)

・室内試験による骨材飛散抵抗性に関する試験結果

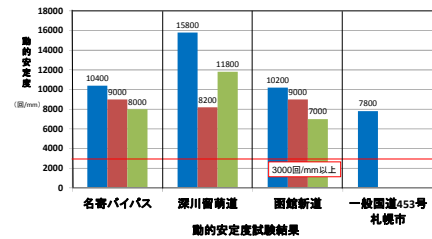


・骨材飛散抵抗性は、H型繊維有 > II型繊維有 > II型繊維無 > 排水性舗装の順に高い。  
 ・繊維の有無と改質Asの種類に影響すると考えられる。

土研新技術セミナー(これからの舗装技術)

●試験施工の結果(施工に関する留意点の検証)

・動的安定度試験結果

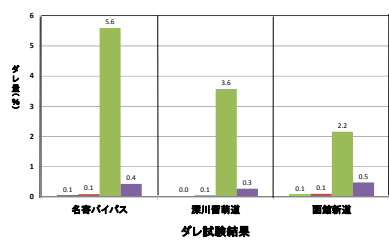


動的安定度は、どの混合物も3000(回/mm)以上を示し、耐流動性は高い結果となった。

土研新技術セミナー(これからの舗装技術)

●試験施工の結果(施工に関する留意点の検証)

・ダレ試験結果



繊維の有無により、付着損失量が異なり、繊維を混入した混合物はダレにくいことが確認された。

土研新技術セミナー(これからの舗装技術)

●試験施工の結果(機能に関する検証)

雨天時の視認性の検証(水けむり発生状況)

撮影:函館新道 平成25年7月25日9-10時  
1時間当たり降雨量:5mm



走行車の水けむりの比較 (密粒度アスコンときめの深いSMA)



走行車の水けむりの比較 (密粒度アスコンと排水性舗装)

・機能性SMAと排水性舗装については水けむりの発生は確認できなかったが、密粒度アスコンについては水けむりが発生していた。  
 ・機能性SMAは表面のきめ深さにより水けむりの発生を抑制するが、さらに降雨量が増えた場合は排水性舗装に比べて水けむりが発生しやすくなる。

土研新技術セミナー(これからの舗装技術)

●試験施工の結果(施工に関する留意点の検証)

・プラントの混合時間について

SMA混合時間(深川留萌道)		プラント時の混合時間		
きめ	繊維	ドライミキシング(秒)	ウェットミキシング(秒)	
きめ深いSMA	II型	有り	15	45
きめ深いSMA	II型	無し	10	45
きめ深いSMA	H型	有り	15	45
排水性舗装	無し	無し	10	40
通常混合物(参考)			5~10	30~40

アスファルトプラントにおいて、繊維入りの混合物を製造する場合の留意事項として、一般的な混合物より、長く混合する必要がある。

土研新技術セミナー(これからの舗装技術)

●試験施工の結果(施工に関する留意点の検証)

・運搬方法およびダレ状況について



ダンプトラックの保護対策(二重シート)



アスファルト混合物のダレ状況

今回の試験施工箇所では、深川留萌道のII型繊維無の運搬時にややダレている状況が確認された。

●試験施工の結果(施工に関する留意点の検証)  
・転圧機械について

各施工箇所の転圧機械と転圧回数

	初期転圧(回)	二次転圧(回)	仕上げ転圧(回)
一般国道453号札幌市	マカダムローラー(10t) 6	タンデムローラー(4t級) 6	タイヤローラー(8-12t) 2
名寄バイパス	マカダムローラー(10t) 6	タンデムローラー(8t級) 6	タイヤローラー(8-12t) 2
深川留萌自動車道	マカダムローラー(10t) 6	タンデムローラー(8t級) 6	タイヤローラー(8-12t) 2
釧路新道	マカダムローラー(10t) 6	タンデムローラー(8t級) 6	タイヤローラー(8-12t) 4



マカダムローラー



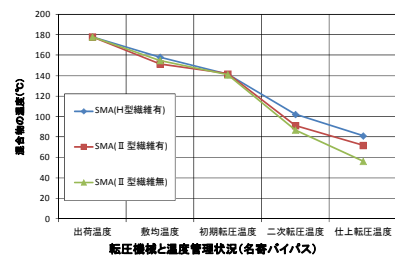
タンデムローラー



タイヤローラー

機能性SMAを施工する建設機械は、一般的な舗装工事で使用している機械編成により、所定のきめ深さを確保できた。

●試験施工の結果(施工に関する留意点の検証)  
・転圧時の温度管理



初期転圧は、なるべく高い温度で行うため、敷均し後、すみやかに初期転圧に入るように施工した。  
きめを出すため、仕上げ転圧の温度はあまり高い温度で転圧しないように概ね80℃以下で施工していた。

●まとめ

これまでの試験結果から、機能性SMAは排水性舗装と比較し排水機能は無いものの、それ以外の性能は、ほぼ同等の機能を有し、耐久性に優れた混合物であることが確認された。

期待できる効果

- ・耐久性が高いことによる、補修費の抑制。
- ・防滑材の散布による、冬期路面管理の効率化。

●今後の課題

機能性SMAについて

【検証を進める内容】

- ・長期耐久性の検証  
破損状況、わだち掘れ等の継続した調査
- ・施工性の検証  
大規模施工時の施工性の検証
- ・維持管理方法の検証  
冬期路面管理(除雪、防滑材の散布)による影響の検証
- ・品質管理基準について  
きめ深さ、締固め度等の品質管理基準について検証

【その他】

- ・機能性SMAの施工に関するマニュアル等の作成