



# ヨーロッパにおけるSMA

エグバルト ビュービング

ヨーロッパアスファルト舗装協会  
事務総長

2018年1月31日 札幌

2月2日 東京

# 本日の講演内容

- ヨーロッパアスファルト舗装協会について
- ヨーロッパのアスファルト舗装の種類
- SMA-砕石マスチック舗装の紹介
- 最近の開発
- SMAのヨーロッパ規格
- まとめ

EAPA(ヨーロッパアスファルト舗装協会)は非営利団体です

- 1973年に設立
- 本部はベルギー・ブリュッセルに拠点を置きます

ヨーロッパの殆どのアスファルト舗装業界企業がEAPAに所属

- アスファルト製造メーカー及びアスファルト舗装会社
- 材料供給メーカー及び 設備、プラントサプライヤー

## EAPAの使命

- 適切なアスファルトの使用、持続可能なヨーロッパの交通網を維持を促進すること

# 目的

- 欧州連合の機関に対し業界を代表します
- 効果的で持続可能なアスファルトおよび新しい開発の利用を促進します
- ヨーロッパの標準化および法制化に参画しています
- 成功事例、情報を集め、業界に普及する努力を行います
- ヨーロッパのアスファルト舗装業界のイメージをより良くします
- ヨーロッパと道路建設事情は日本とさほど変わらない為、このような活動が非常に重要です

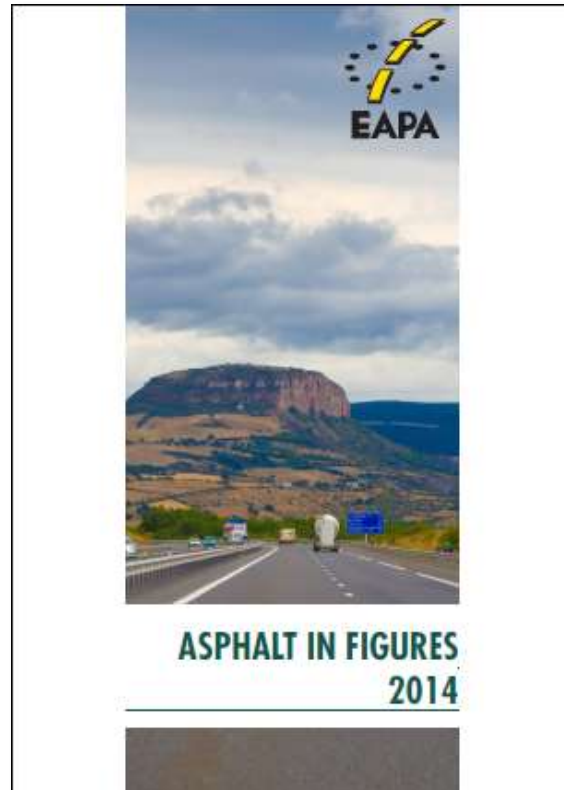


## EAPAの活動をホームページにて紹介

www.eapa.org

- 問い合わせ
- 情報、データ、統計
- アスファルト舗装の利点
- ニュース
- イベント
- 会員向け情報

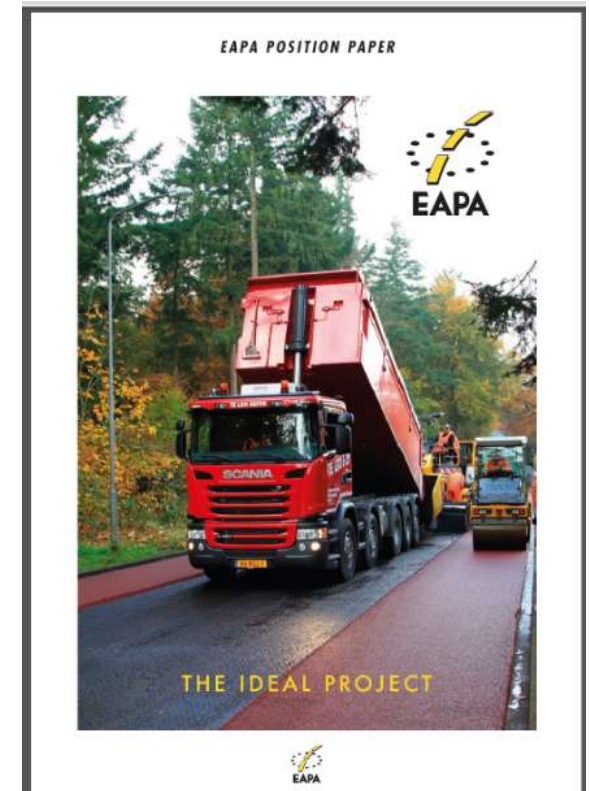
## アスファルト統計データ



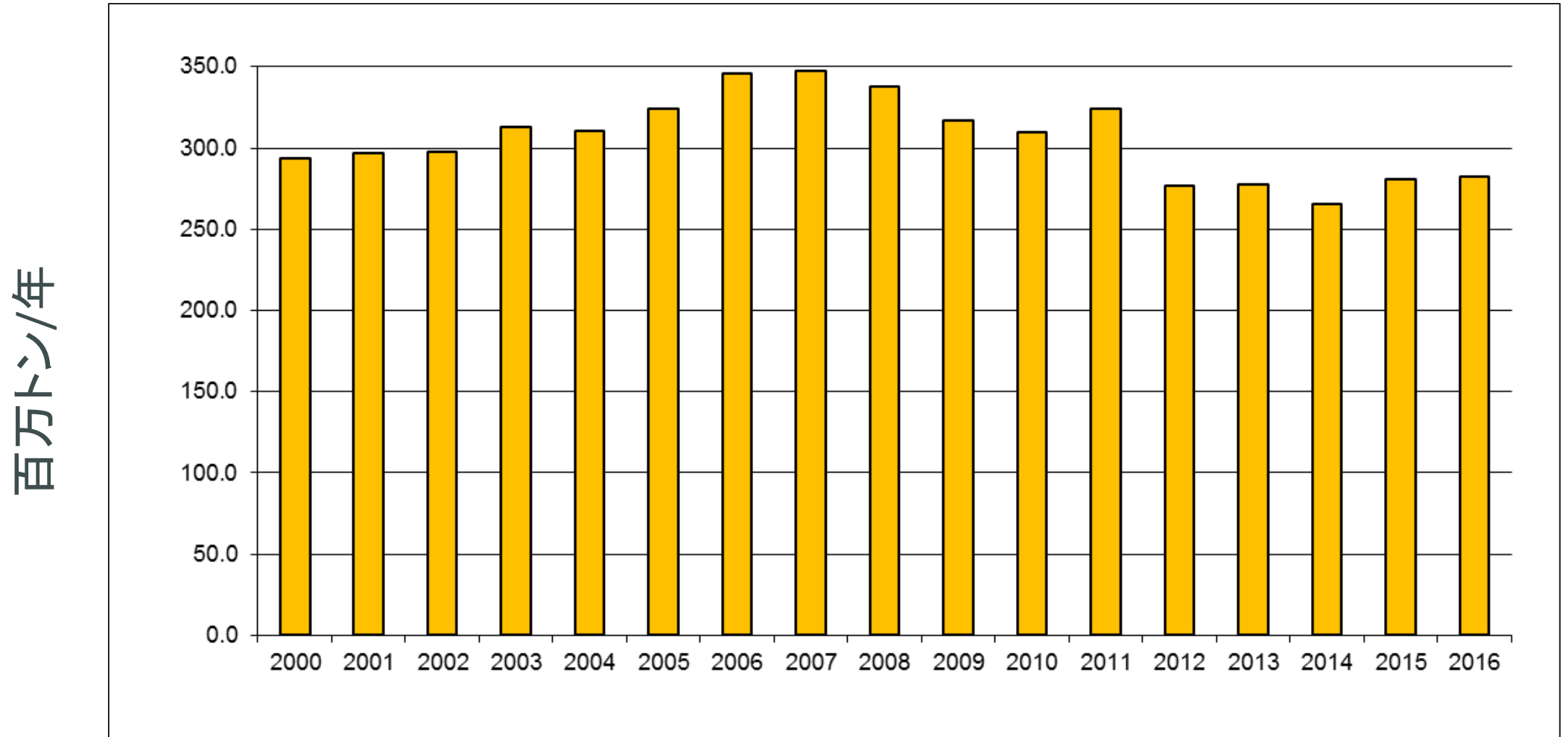
## EAPAニュースレター



## ポジションペーパー (論文)



# ヨーロッパでのアスファルト使用量推移



2000 - 2016年 ヨーロッパにおけるアスファルト舗装全生産量

# ヨーロッパでのアスファルト使用量推移

- アスファルトの使用が年間1千万トン以上の国々

国名	2016
フランス	34
ドイツ	41
イギリス	22
イタリア	23
ポーランド	19
スペイン	13
トルコ	40
ヨーロッパ全体	282
日本	± 42
アメリカ	340

Picture of Asphalt in Figures 2016

百万トン/年



# ヨーロッパでのアスファルト使用量(層別)

国名	表層 [%]	中間層 [%]	基層 [%]
ベルギー	55	0	45
クロアチア	63	2	36
チェコ	56	24	20
デンマーク	50	5	45
エストニア	63	28	9
フィンランド	91	0	9
ハンガリー	69	23	8
リトアニア	47	24	29
オランダ	37	9	54
ノルウェー	80	10	10
スロバキア	72	16	12
スロベニア	55	7	38
スペイン	73	19	8
トルコ	30	41	29

Data of Asphalt in Figures 2016

picture of Asphalt in Figures 2016

# ヨーロッパで主に使用される表層

国名	2016年 アスファルト混合物の生産量比率		
	アスファルトコンクリート	SMA	排水性舗装
オーストリア	33	6	0
ベルギー	38	14	1
クロアチア	59	3	10
チェコ	49	6	0
デンマーク	36	13	0
エストニア	61	2	0
フィンランド	73	12	
ドイツ	20	9	
ハンガリー	61	6	
リトアニア	40	5	
オランダ	18	10	9
スロバキア	68	5	
スロベニア	49	6	0
スペイン	62	1	0
トルコ	27	4	

# SMA – 碎石マスチック舗装の紹介

- 1960年代半ばにドイツで開発された
- スパイクタイヤが広く使われており、舗装の摩耗がひどかった
- アスファルトコンクリートでは強度が十分ではなかった
- マスチックアスファルトはコストがかさみ、労働力に対する依存が大きい
- 開発されたSMAは耐摩耗性、耐わだち掘れに優れていることが確認された
- 1984年にSMAはドイツの標準規格となる
- それ以来、ヨーロッパや世界中で使用されている
- 2006年にヨーロッパ標準(EN 13108-5)となる
- この規格は標準仕様で詳細は各国でそれぞれ決定している

# SMA – 碎石マスチック舗装の紹介

- 現在、碎石マスチック舗装(SMA) は多くの国で使用されている
- 高速道路、一般道、空港、港湾などの表層、中間層に使用されている
- アイルランドを除くヨーロッパ全ての国の滑走路にSMAが使用されている (主にSMA11を使用)

広く使用される理由は？

- 高い安定性
- 高い耐久性
- 薄層でも使用可能
- ノイズ低減
- 低い転がり抵抗

# 機能性舗装の特性

SMAの主な機能特性は次の通りです:

- すべり抵抗、平滑性(横および縦)、視認性および hidroplaning に対して
- 耐流動性に対する抵抗性「安定性」(舗装性能)と耐久性
- 騒音低減とリサイクル(再生可能)

## すべり抵抗の要因

- 骨材の選択
  - 研磨された砕石はより長期間滑り抵抗を有する
  - 使用可能な骨材、砕石および経験に依存
- 表面テクスチャの設計
  - 骨材の大きさ
  - ボイド(空隙)のモルタル充填度
  - 大きいサイズの骨材 ⇔ より深いテクスチャ
  - 小さいサイズの骨材 ⇔ 低い転がり抵抗

# すべり抵抗

- マスチック(アスファルト、細碎石、石粉)が過剰に充填されていないか確認することが重要
  - すべり抵抗の喪失、テクスチャの損失、わだちの恐れ
- SMAミックスは従来のアスファルトミックスより厚いバインダーフィルムを有する
- 初期のすべり抵抗を改善するために(最初の数週間)、撒き砂(大きさ1-3mm)を使用することも可能



# ハイドロプレーニング

- 表面テクスチャーのきめが深い(ネガティブ)と、水を保持/除去する能力が増加する



- きめの深い部分に水が逃げやすく、排水性が高い、ハイドロプレーニングが起こりにくい
- 良い乗り心地 (なめらかな舗装)
- 低い転がり抵抗

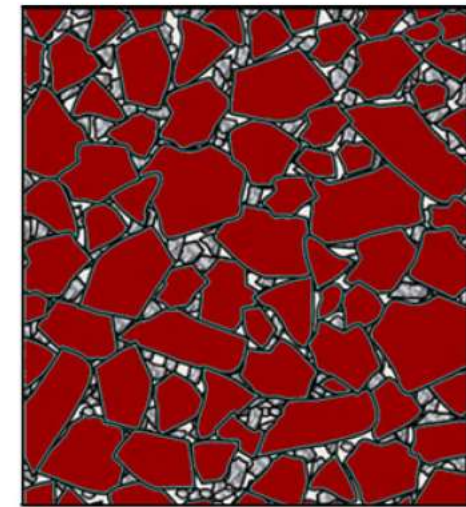


# 安定性

- SMAは粗碎石が直接噛み合い骨格を形成します
- 通常の舗装では碎石同士の噛み合いがない
- わだち掘れ、流動性に対する高い耐性を有する



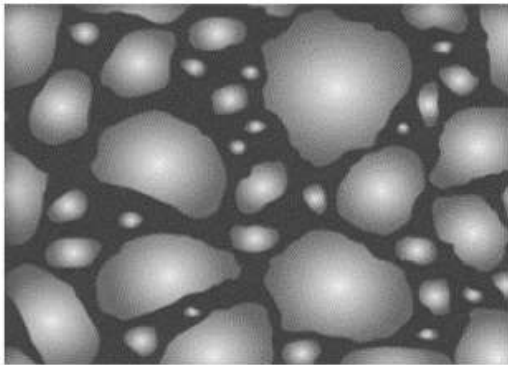
Fine graded mix  
with sand / fine-material skeleton



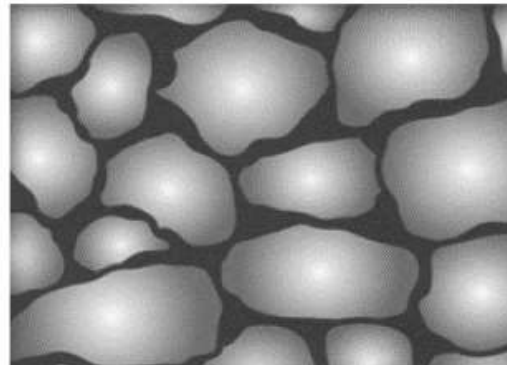
SMA graded mix  
with stone skeleton

# 耐久性

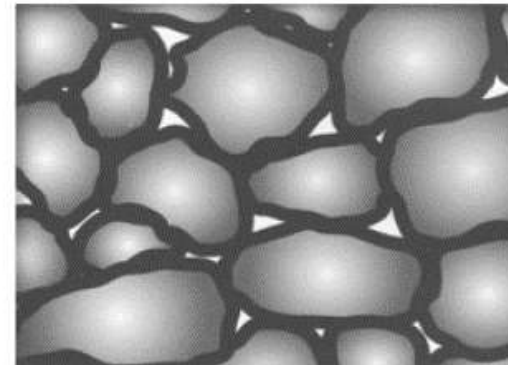
- SMA は高い耐久性、耐摩耗性を有する材料である
- アスファルトモルタルで十分に充填されており水が内部に浸透しない
- SMAは高いバインダー含有量を有し、これが舗装を長寿命化させる



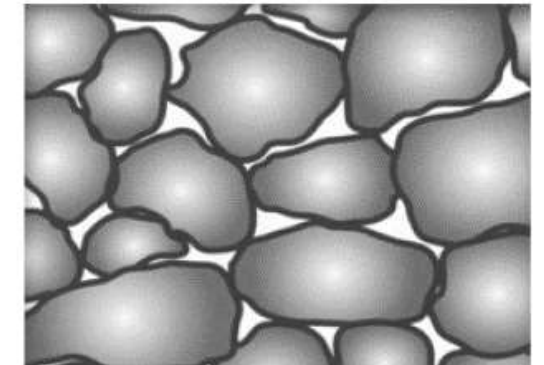
AC



SMA



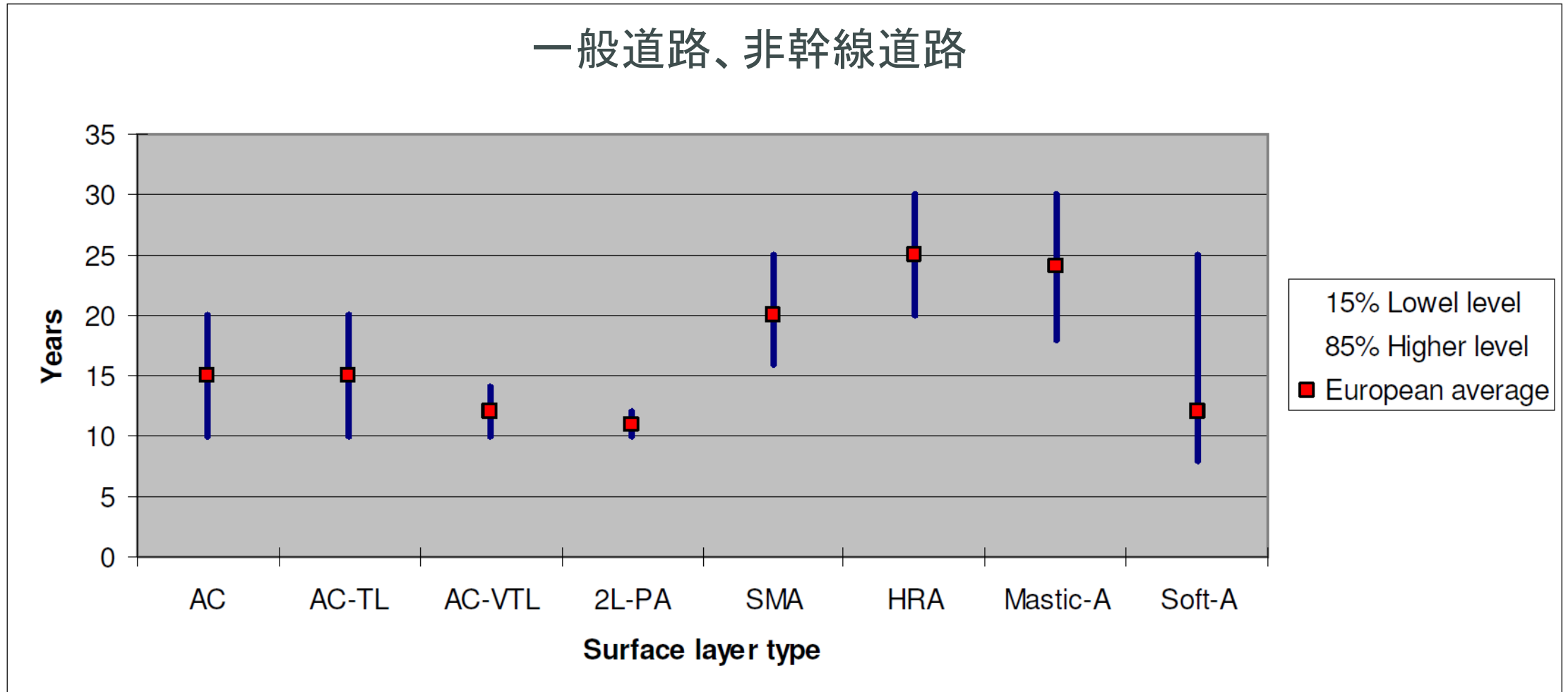
AC-TL / BBTM



PA

アスファルトコンクリート (AC)、SMA、BBTM (アスファルトコンクリートの薄層) と排水性アスファルト (PA) の構造の違い

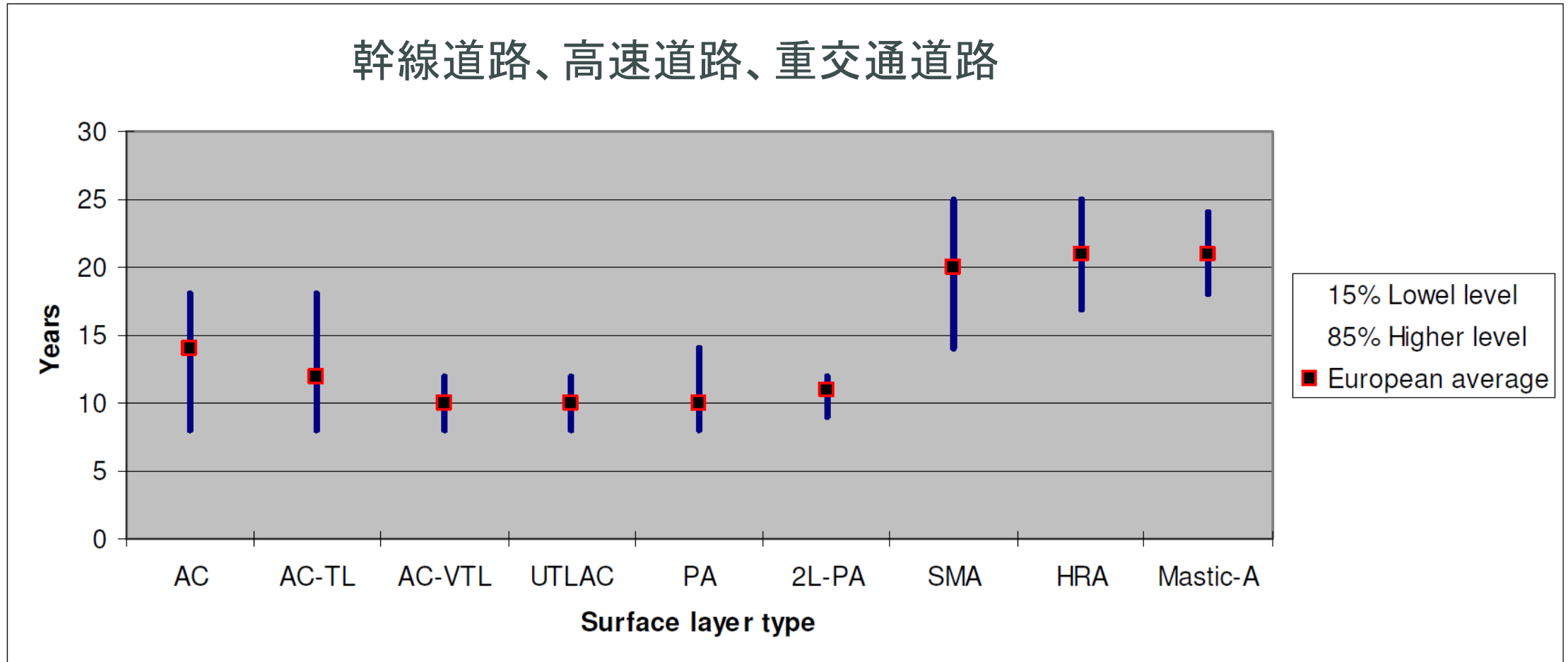
# 表層の耐久年数



Source: EAPA Position Paper Long Life Pavement (1997)

# 表層の耐久性

幹線道路、高速道路、重交通道路



Source: EAPA Position Paper Long Life Pavement (1997)

- タイヤ-路面のノイズを低減するためには、路面のマクロテクスチャーや空隙率が重要である
- SMAの表面テクスチャ(ネガティブテクスチャ)と平滑性は、ノイズ低減に対して有効である

高密度アスファルトコンクリートと比較して最大粒径11mm(0 / 11mm)で2dB(A)又は6mm(0 / 6mm)のSMA舗装は3dB(A)のノイズを軽減する

# リサイクル

- SMAは100%リサイクル可能
- SMAは配合設計が非常に重要なため、再生アスファルトをSMAに混ぜるとその品質管理が難しい
- マスチック(アスファルトモルタル)を過充填すると性能が大幅に劣化する
  - 空隙率が2-3%必用
  - それ以下であればアスファルト体積膨張により構造破壊が起こる

# 重交通用SMA

- 噛み合わせ構造による高い安定性を有するSMAは過酷な条件下でも使用される
  - 高品質の骨材が要求される
  - 重交通用舗装の基層は同じく高い品質が求められる
- 舗装厚み：少なくとも公称骨材サイズの2.5倍必用
- SMA 6(最大粒径6mm)の場合： 舗装厚15～20 mm
  - SMA 16(最大粒径16mm)の場合： 舗装厚40～50 mm
- ポリマー改質バインダーが使用される場合もある
- 安全のため、より高い耐わだち掘れ性が必要な場合
  - 中・低交通道路の場合、通常の舗装グレードバインダーが使用される

# ヨーロッパのSMA実情

- 一般 - ヨーロッパで使用されているグレード
- アスファルト垂れ防止材
- 改質バインダー
- 混合物の設計



# ヨーロッパのSMA実情

SMAを使用している国々からは多くのSMAの良い機能に関する報告があげられている

主要なSMA骨材タイプは、SMA 8（最大粒径8mm）、SMA 11（最大粒径11mm）、およびSMA 16（最大粒径16mm）である

- 国によっては異なるグレードも使用される
- ドイツ、オランダではSMA 5（最大粒径5mm）を使用している
- スウェーデンではSMA 4（最大粒径4mm）を使用している
- 北欧諸国ではしばしばSMA 16がスタッドタイヤへの抵抗力を高める理由で使われる

一般に、全ての粗骨材および細骨材は十分に粉砕されたものでなければなりません

細碎石に関しては、天然砂が使用されることがある

## 各種SMAの材料組成

通過重量百分率

バインダー含有量

SMA Type	フルイ目寸法 63 μm	フルイ目寸法 sieve 2 mm	Binder content, %	
			On 100% aggregate	"in" mixture
5 – 6	6 – 12	27 – 40	5.6 – 8.0	5.3 – 7.4
8	6 – 12	20 – 35	6.5 – 7.5	6.1 – 7.0
9.5 – 10	6 – 11	21 – 32	5.3 – 6.8	5.0 – 6.4
11 – 12	6 – 11	18 – 32	5.3 – 7.5	5.0 – 7.0
14	6 – 11	15 – 30	6.5	6.1
16	5 – 10	15 – 30	6.4	6.0

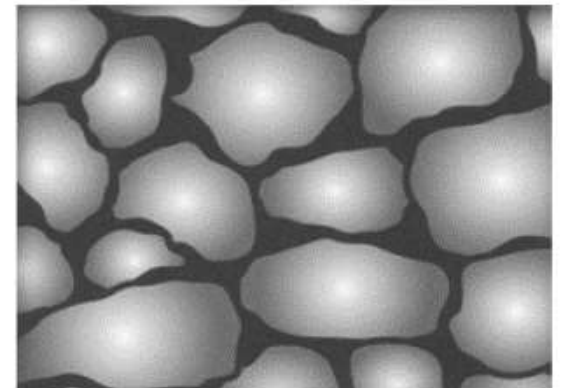
混合物設計は基本的に容積計算で行う

# 混合物設計

SMAコンセプトの本質的な特徴は体積パラメータ(骨材配合比)にある

- SMAは、比較的粗い骨材粒子によって形成された凝集骨格を有するギャップグレード(不連続粒度)のアスファルト混合物であり、アスファルト、石粉および細骨材(砂)のマスチックによって充填される
- 構成材料の適切な容積比を決定すること、空隙率とマスチック部分の適切な分布が重要

高い空隙率は骨材の不連続性を大きくすることによって(ギャップ)達成可能



# アスファルト垂れ防止材

SMA材料は、アスファルトを多く添加された骨材 – 石粉混合物であり、アスファルトの流出を防ぐ添加剤が必用である

最終的なSMA混合物空隙率は、一般に3～6% (体積比) である

SMAに厚いアスファルト被膜が必用であり、アスファルト垂れ防止材が必要です

- 一般に、植物性繊維および特定の有機材料が使用される
- アスファルト垂れ防止材は、ホットミックスの貯蔵、輸送、施工に対して必用 ← さもなければアスファルトが流出
- 施工後： アスファルト混合物の性能への影響なし

# アスファルト垂れ防止材

- 植物性繊維は、ほとんどがペレット化された形態で添加される
- より良い分散のために、ミキサー手前の配管に（自動または手動で）投入される



- アスファルト流出防止材の必要量は、実際の経験に基づいています。SMAのだれ防止能力を測定はバインダー流出試験（EN 12697-18）Schellenberg試験によって行われます



# SMAとアスファルトコンクリートの配合比率比較



# 改質バインダー

- 改質バインダーはSMAで使用される
- 耐流動性に対する耐性を高める
- 舗装面の耐久性を高める
- 薄層舗装の場合に施工および損傷リスクを低減する
- 改質バインダー使用はアスファルト流出防止材を減らすことができる  
(ただし、一部の改質バインダーではアスファルト流出防止材が必要です)

# 合材製造、敷均し、締固め

- SMA合材はバッチプラントおよびドラムミキサーで製造される
- 碎石骨材の比率がSMAの品質を左右する
  - ← 正しい骨材配合量の管理が必要

植物性繊維の添加はいくつかの方法で行うことができる。

- 自動投入
- 使いやすいペレット状繊維



# 合材製造、敷均し、締固め

施工中に特別な注意は必要ないが、本施工前に、試験施工を推奨



人力による敷き均しは推奨しない

- 混合物の凝集力が高いため、混合物の最適な均一性、耐久性および密度を得ることが困難

# 合材製造、敷均し、締固め

SMA表層では、スチールホイールローラーのみを選択する

- 静的転圧から開始する
- 続いて一度振動転圧に二次転圧を行う
- 空隙と密度の要求値に応じて試験施工で得られたデータ、経験から転圧回数を決定する
- トライアル時に工程を検証し、転圧機器により要求された/指定された密度を達成していることを確認する
- 薄層であると早く冷めるため早い転圧工程が必用

- SMA バインダーコース(中間層) (SMA BC)
- SMA のベースコース(基層) / トリプルSMA
- ノイズ低減SMA (SMA NR)

# SMA バインダー層(中間層) (SMA BC)

- わだち掘れは基層の上層部(表層のすぐ下)に起因することが多い
- トラック荷重による高せん断は基層上層部でピークとなる
- SMAを中間層に使用することにより、耐わだち掘れ性が向上する
- SMAはまた不透過性である(バインダーコースにとって重要)
- スウェーデンとドイツでバインダーコースのSMAが使用されている
- 中間層にストレスが大きくなる場合、非常に良いソリューションとなる
- SMAバインダーコースは一時的な表層として使用できる



# SMA のベースコース(基層)

従来の舗装設計: アスファルト舗装の底部にひずみが発生

- ひずみが基層で発生
- バインダー増加 -> 疲労強度向上
- SMA使用 -> バインダー増加 -> 疲労強度向上
- 基層のアスファルトをよりリッチ(多く)にするコンセプト

->恒久的な舗装としてポーランドで施工



# トリプルSMA (表層、中間層、基層)

- 重交通用舗装の革新的なトリプルSMA層：  
グダニスク(ポーランド)製油所のサービス道路で施工
- 重交通低速度交通向け
- 施工例  
表層：厚さ50 mm、SMA 16 PmB 45 / 80-80  
中間層：厚さ90mm、SMA 22 PmB 25 / 55-80  
基層：厚さ60 mm、高改質耐疲労型SMA (SMA 16 PmB 45 / 80-80)



# 騒音低減 SMA

タイヤ-路面の相互作用によるノイズ発生は各国で課題

改善されたノイズ低減SMA (SMA NR) 混合物は、例えば、オーストリア、デンマーク、ドイツ施工された。ドイツでは4 dB以上 (A) のノイズ軽減に成功  
アスファルト設計：より高い空隙率

最適化された表面テクスチャー (小さい骨材)  
細骨材は使用しない



Characteristics of Layer		SMA 8 S (NR)	SMA 5 S (NR)
Paving thickness	mm	25 – 40	20 – 30
Compaction degree	%	≥ 97	≥ 97
Void content	Vol.-%	9.0 – 14.0	9.0 – 14.0
Evenness (4 m section of measurements)	mm	≤ 3.0	≤ 3.0

Characteristics of Noise Reducing SMA (FGSV, Germany, 2014)

# 使用者 / 環境に対するメリット

- 道路(舗装)の長寿命と少ないメンテナンス -> CO2フットプリントの低減
- 交通の遅延や混雑の減少
- ハイドロプレーニングのリスクを低減
- 低レベルの交通騒音
- 100%リサイクル可能



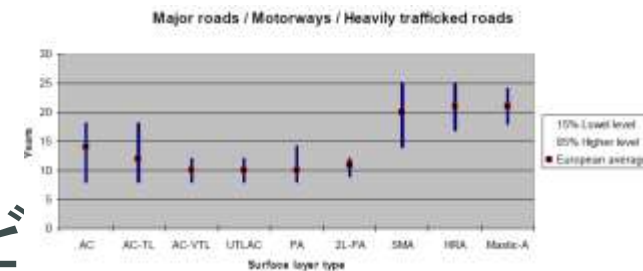
# 経済効果

初期材料コスト/トン は、標準的なアスファルトコンクリート (AC) より高い

- 高いバインダー含有量
- 高品質の骨材が必用
- アスファルトだれ防止材 (および改質アスフェルト) が必用
- アスファルト流出防止材に余分な混合時間が必要な場合は、生産能力が低下する

しかし:

- SMAはACと比較してより薄い層で塗布することができる
- ACよりも性能寿命が長い
- メンテナンスコストの削減、ユーザ遅延コストの削減など



# ヨーロッパアスファルト規格

- 製品規格: EN 13108 series
- 標準試験方法 EN 12697 series
  - 55種類の試験方法を規格

# 製品規格 EN 13018-5 - SMA

## Contents

	Page
Foreword.....	4
Introduction .....	5
1 Scope .....	6
2 Normative references .....	6
3 Terms and definitions, symbols and abbreviations.....	7
3.1 Terms and definitions .....	7
3.2 Symbols and abbreviations .....	8
4 Requirements for constituent materials.....	8
4.1 General.....	8
4.2 Binder.....	8
4.2.1 General.....	8
4.2.2 Selection of binder.....	8
4.2.3 Surface course with reclaimed asphalt .....	9
4.2.4 Regulating courses and binder courses with reclaimed asphalt .....	9
4.3 Aggregates .....	9
4.3.1 Coarse aggregates.....	9
4.3.2 Fine aggregate .....	9
4.3.3 All-in aggregates.....	9
4.3.4 Added filler .....	9
4.4 Reclaimed asphalt .....	10
4.5 Additives .....	10

# 製品規格 EN 13018-5 - SMA

5	Requirements for the mixture.....	10
5.1	General.....	10
5.2	Composition, grading, binder content and additives .....	11
5.2.1	Composition .....	11
5.2.2	Grading .....	11
5.2.3	Binder content.....	12
5.2.4	Additives .....	13
5.3	Coating and homogeneity.....	13
5.4	Void content .....	13
5.5	Voids filled with bitumen .....	14
5.6	Binder drainage.....	15
5.7	Water sensitivity .....	16
5.8	Resistance to abrasion by studded tyres .....	16
5.9	Resistance to permanent deformation .....	17
5.10	Reaction to fire.....	19
5.11	Resistance to fuel for application on airfields.....	19
5.12	Resistance to de-icing fluid for application on airfields.....	19
5.13	Temperature of the mixture .....	19
5.14	Durability .....	20
6	Evaluation of conformity.....	20
7	Identification.....	21
Annex A	(normative) Calculations of the penetration or the softening point of the binder of a mixture when reclaimed asphalt is used.....	22
A.1	General.....	22
A.2	Calculation of the penetration of the binder of a mixture.....	22
A.3	Calculation of the softening point of the binder of a mixture .....	22

The test methods are shown in the EN 12697 series

# EN 13018-5 - SMA

EN 13108-5:2006 (E)

Annex ZA (informative) Clauses of this European Standard addressing the provisions of the EU Construction Product directive.....	24
ZA.1 Scope and relevant characteristics .....	24
WARNING — Other requirements and other EU Directives, not affecting the fitness for intended uses, can be applicable to the asphalt concrete falling within the scope of this European Standard. ....	24
ZA.2 Procedure(s) for attestation of conformity of stone mastic asphalt .....	26
ZA.2.1 System(s) of attestation of conformity.....	26
ZA.3 CE marking and labelling.....	29
欧州標準のCEマーク取得に必要な試験、規格を規定	

EN 13108-20 = Type Testing

EN 13108-21 = Factory Production Control 製造時の品質管理に関して

# 骨材の粒度分布 - SMA 製品規格 EN 13108-5

SMA	D4	D5	D6	D8	D10	D11	D12	D14	D16	D20	D22
Passing sieve (% by weight)											
31.5 mm											100
22.4 mm										100	90 - 100
20.0 mm									100	90 - 100	
16.0 mm								100	90 - 100		
14.0 mm						100	100	90 - 100			
11.2 mm					100	90 - 100	90 - 100				
10.0 mm				100	90 - 100						
8.0 mm			100	90 - 100							
6.3 mm		100	90 - 100								
5.6 mm	100	90 - 100									
4.0 mm	90 - 100										
2.0 mm	25 - 45	20 - 40	20 - 40	20 - 40	20 - 35	20 - 35	20 - 35	15 - 30	15 - 30	15 - 30	15 - 30
0.063 mm	5 - 14	5 - 14	5 - 14	5 - 14	5 - 13	5 - 13	5 - 13	5 - 12	5 - 12	5 - 12	5 - 12
Min. binder content % by weight	B <sub>min</sub> 5.0 - 7.6										
Void content Marshall % by volume	V <sub>max</sub> 3.0 - 8.0 V <sub>min</sub> 1.5 - 6.0										

SMAは、他のアスファルト混合物と比較して以下の利点がある

- SMAは安全 - 良好な滑り抵抗、舗装表面の均一性、最小限のハイドロプレーニング
- SMAはノイズを低減する
- SMAは低い転がり抵抗を示す
- SMAは耐流動性が高い
- SMAは耐久性があり持続可能 - >より環境にやさしい
- SMAは耐用年数が長く、投資収益率が高い
- SMAは経済的にも魅力的である

メンテナンスコストが低く、ライフサイクルコストを低く抑えることができる



[www.eapa.org](http://www.eapa.org)

[beuving@eapa.org](mailto:beuving@eapa.org)

