

# 長寿命化改質アスファルト「シナヤカファルト」 による舗装長寿命化の取組み



ニチレキ(株) 中国支店

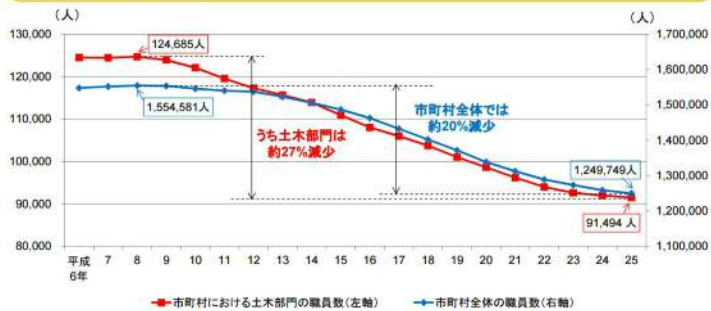
井上 智章

- 舗装老朽化の現状
- 長寿命化改質アスファルト「シナヤカファルト」  
(NETIS登録番号QS-200025-A)

- 舗装老朽化の現状
- 長寿命化改質アスファルト「シナヤカファルト」  
(NETIS登録番号QS-200025-A)

# 道路施設老朽化の背景

○市町村における土木部門の職員数は平成8年度の124,685人をピークに17年連続で減少しており、平成25年度は91,494人である。(平成8年度比約27%減)  
 ○市町村全体の職員数は、平成8年度から平成25年度の間で約20%減少していることから、市町村における土木部門の職員数のピーク時からの減少割合は、全体の職員数のピーク時からの減少割合よりも大きい。



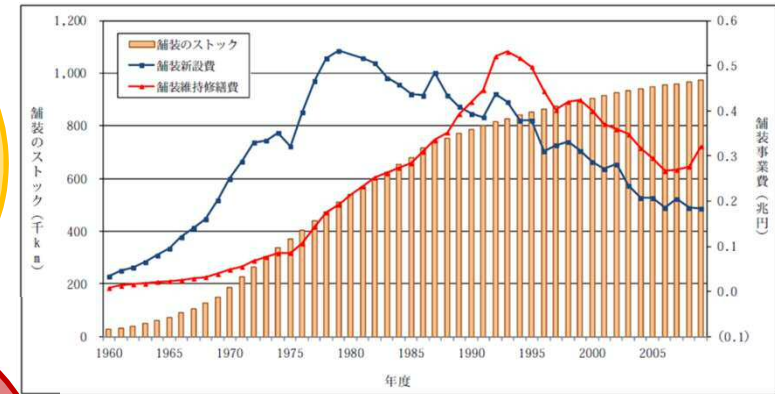
市町村における職員数の推移  
 (地方公共団体定員管理調査結果より国土交通省作成)

管理延長増大

道路の老朽化

管理者減少

事業費減少



(注) 対象とした道路：未舗装道を除いた道路法上の道路

# インフラ長寿命化基本計画

- インフラ長寿命化計画(団体毎、施設毎)の策定・実行を推進し、定期的な点検・診断に基づき、優先順位を定めて計画的に必要な対策を実施。
- これにより、予防保全を基軸とする戦略的メンテナンスを行い、インフラの安全性を確保しつつ、将来的に増加するメンテナンスコストの縮減・平準化を図る。

## インフラ老朽化対策の推進

- ・高度成長期以降に整備されたインフラが今後一斉に老朽化
  - ・メンテナンスコストは、近い将来現在の最大約1.5倍に増大見込み
- ※国交省所管インフラの維持管理・更新費の推計：約3.6兆円(H25年度)→約4.6～5.5兆円(20年後)

### 国土交通省

- インフラ長寿命化計画の策定(H26.5)・実行
- ・予防保全の考え方に基づく長寿命化
  - ・新技術の開発・導入



### 地方公共団体

- 長寿命化計画(団体毎、施設毎)の策定・実行

#### 人的支援

- ・研修の充実・強化
- ・資格制度構築

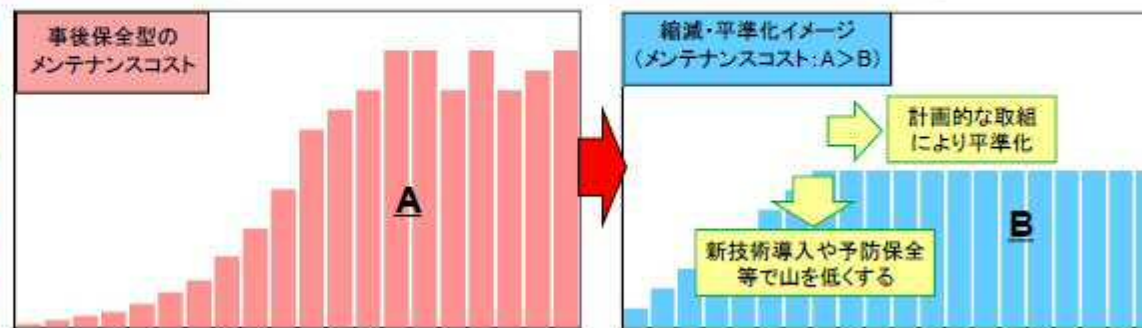
#### 技術支援

- ・基準類の体系的整備
- ・直轄診断

#### 財政支援

- ・防災・安全交付金

## 「メンテナンスコストの山」を低くして平準化



メンテナンスコストの縮減・平準化イメージ

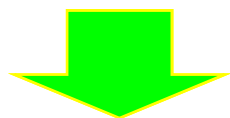
# 舗装点検要領

□『舗装点検要領』の制定(H28.10)

○点検要領の位置付け

- ・舗装の長寿命化
- ・ライフサイクルコスト(LCC)の削減

効率的な修繕の実施



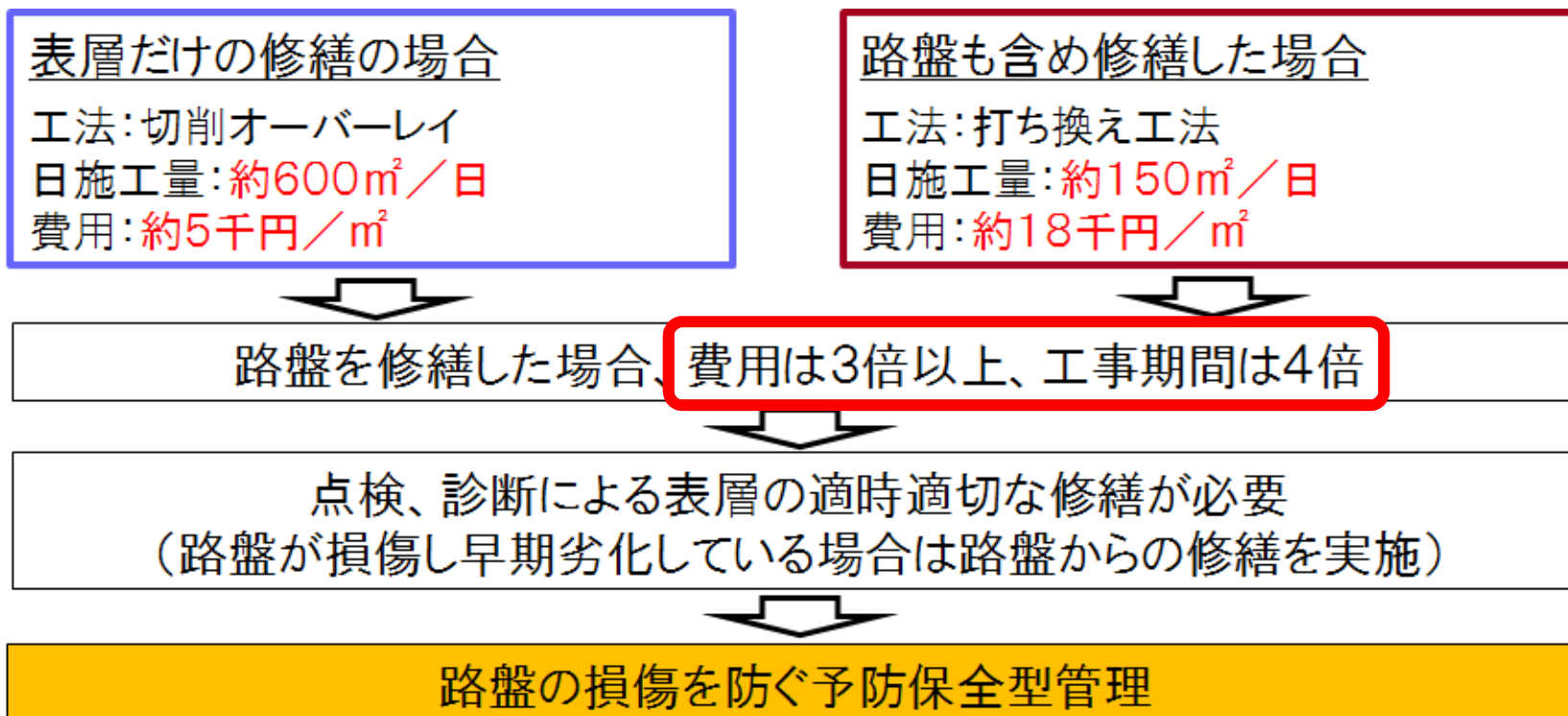
道路特性に応じて

走行性、快適性の向上を図る

舗装点検要領

平成28年10月  
国土交通省 道路局

# 舗装点検要領 路盤以下の層の保護の重要性(アスファルト舗装)



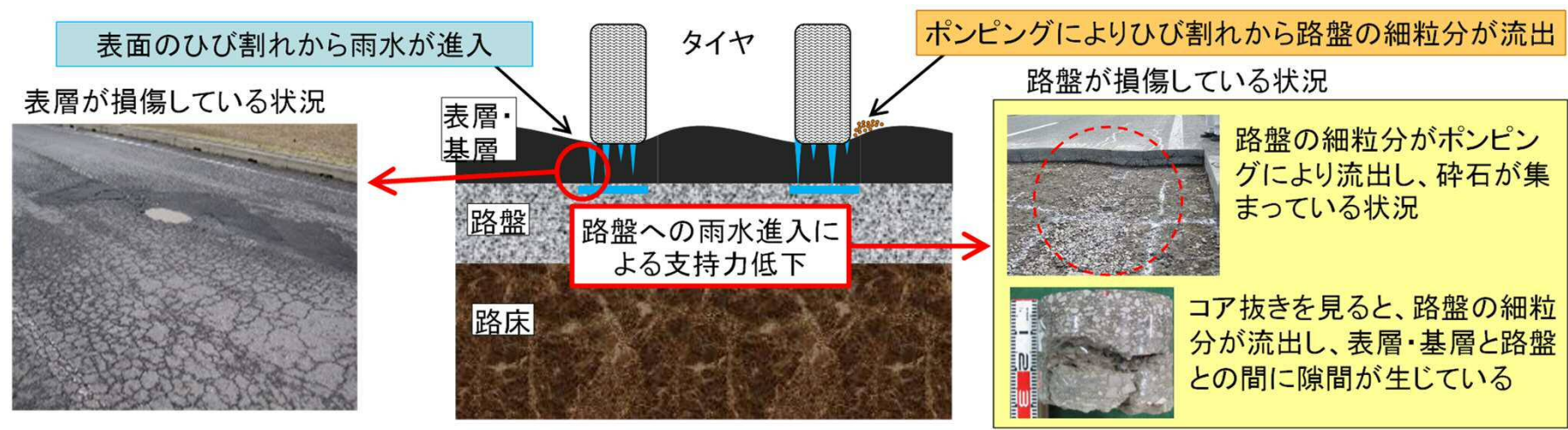
**路盤まで損傷した場合、費用は3倍以上、工事期間は4倍**



# 舗装点検要領 路盤以下の層の保護の重要性(アスファルト舗装)



ひび割れ発生 → 進行すると **雨水が路盤以下の層へ**・アスコン自体も剥離進行  
→ 路盤以下の層が損傷(脆弱化) → 舗装体として**支持力が低下**  
→ 表層等切削オーバーレイしても早期劣化  
→ 路盤からの打換えが必要(**費用増大**)  
となるため、**ひび割れを封かんして路盤以下の層を損傷させない**観点が必要



表層材がひび割れしなければ、水の侵入を抑制できる

長寿命化改質アスファルト「シヤカファルト」を開発



- 舗装老朽化の現状
- 長寿命化改質アスファルト「シナヤカファルト」  
(NETIS登録番号QS-200025-A)

# シナヤカファルト混合物の特徴

- ①ひび割れ抵抗性が高く、ひび割れ伝播速度が遅いため長期間のひび割れ発生が抑制できる。またわだち掘れは改質Ⅱ型と同程度であり補修回数が削減されて舗装の長寿命化が図れる。
- ②補修回数を削減でき、周辺住民や環境への負荷が低減できる。
- ③等値換算係数は1.7の期待値（室内試験結果）を有し、構造強化にも繋がる。  
疲労破壊輪数式からの耐用年数は、N5交通で約31年、N6交通で21年となる



# シナヤカファルト混合物の曲げ性能



# アスファルトの特性



高温で液体  
(粘性体)



低温で個体  
(弾性体)

# シナヤカファルトのバイнда性状

試験項目	社内規格値	標準的性状	改質Ⅱ型(参考)
針入度(25℃) 1/10mm	80~100	84	52
軟化点 ℃	75.0以上	87	58.5
引火点 ℃	280以上	340	334
薄膜加熱質量変化率 %	0.6以下	-0.15	0.03
薄膜加熱後の針入度残留率 %	65以上	79.8	80.8
粗骨材はく離面積率 %	5以下	0	-
損失弾性率 ( $G^* \sin\delta$ )* <sup>1</sup> (25℃) Pa	$4.0 \times 10^5$ 以下	$2.5 \times 10^5$	$160 \times 10^5$
密度 g/cm <sup>3</sup>	報告	1.031	1.034

\*1:A062 ダイナミックシアレオメータ試験方法による(舗装調査・試験法便覧)

試験温度:25℃ 平行円盤直径:8mm 試料厚:1mm 周波数:10rad/sec ひずみ量:1%

## 【参考文献】

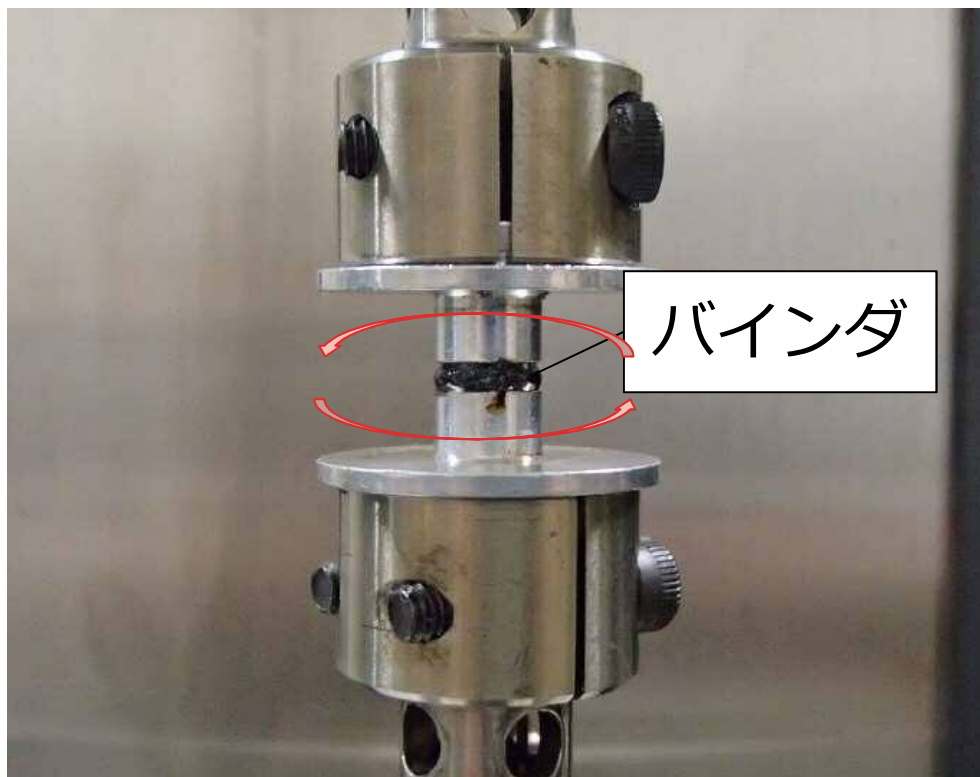
1)David A.Anderson : Development of SHRP Binder Specification, AAPT, vol6, 1993

弾性損失率は、DSR試験によりアスファルト粘弾性を測定して得られる指標

# DSR試験とは

## DSR(Dynamic Shear Rheometer)

### 動的 剪断 粘弾性測定装置



DSR試験状況

- 応力  
(内部に発生する力)
- ひずみ  
(外力を加えた時の形状変化)
- 位相角



バインダの  
粘弾性状がわかる

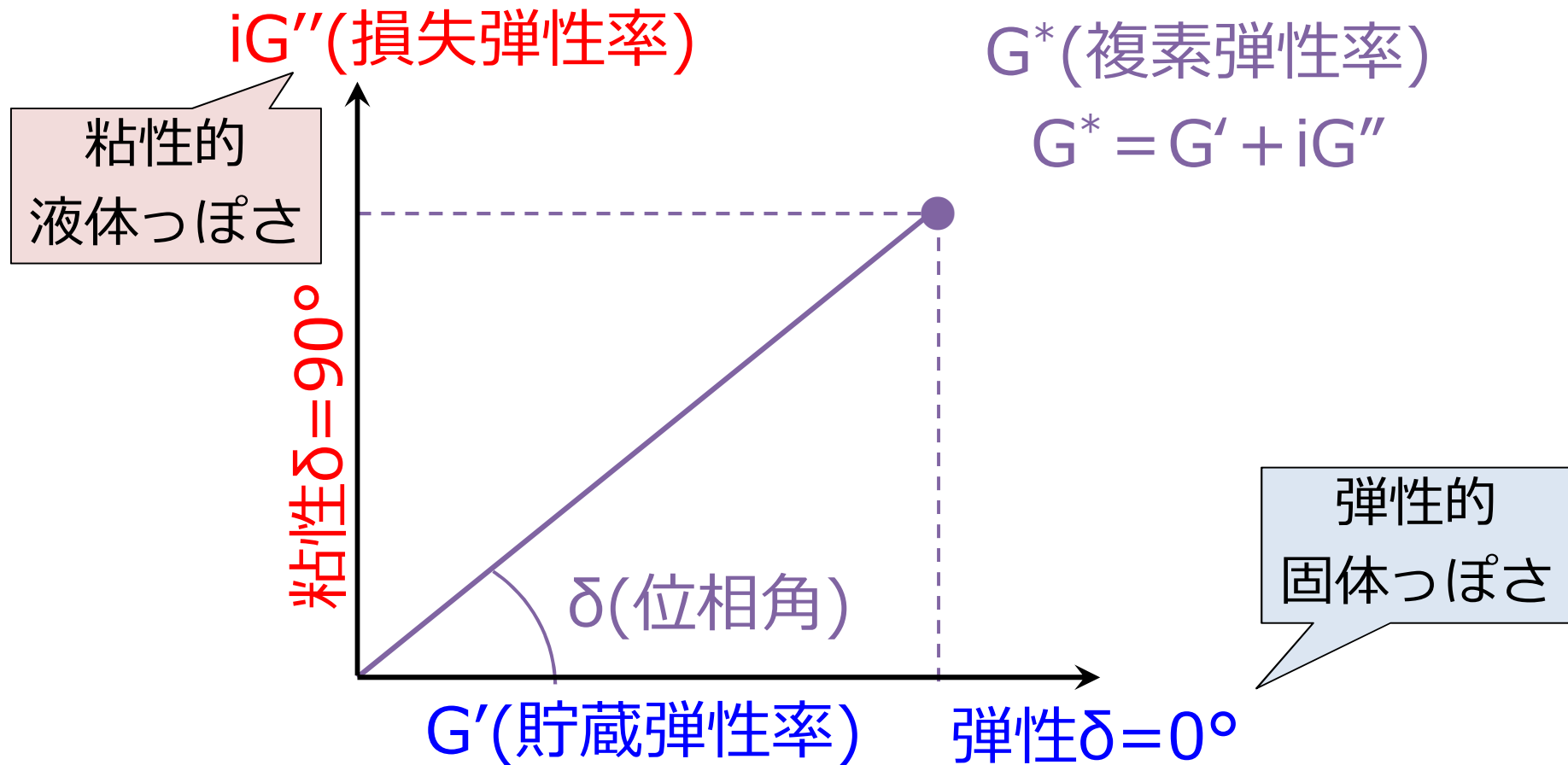
- 貯蔵弾性率  $E'$
- 損失弾性率  $E''$



# D S R 試験による複素弾性率 $G^*$ の算出方法



粘性と弾性の性質をどのくらい持っているかわかる



# D S R試験による疲労ひび割れ抵抗性の評価



- $G^* \sin \delta$  : 疲労ひび割れ抵抗性の指標

$G^*$  : 複素弾性率       $\sin$  : 位相角       $\delta$  : 変量

→ 小さいほど、ひび割れしにくい

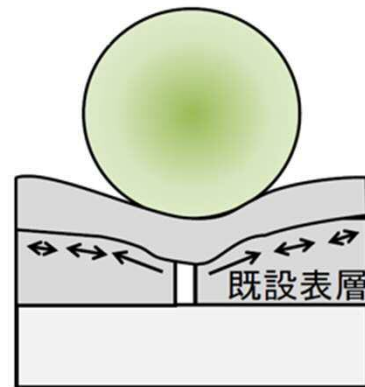
改質Ⅱ型 (25℃) :  $16.0 \times 10^6$

シナヤカファルト (25℃) :  $2.5 \times 10^6$

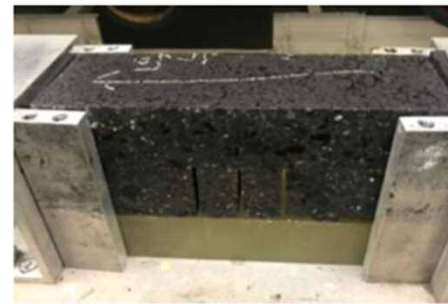
⇒ シナヤカファルトは、ひび割れしにくい

# シナヤカファルト混合物の性能評価項目

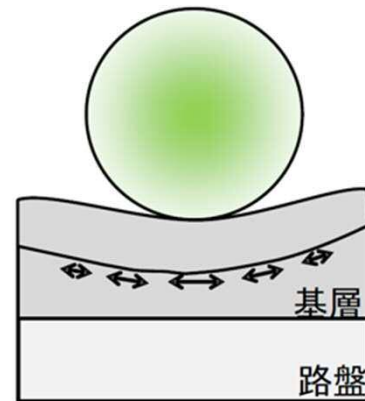
## パターン1：新設（あるいは表基層オーバーレイ）



局部的に大きなひずみが生じる  
→ ひび割れ貫通試験



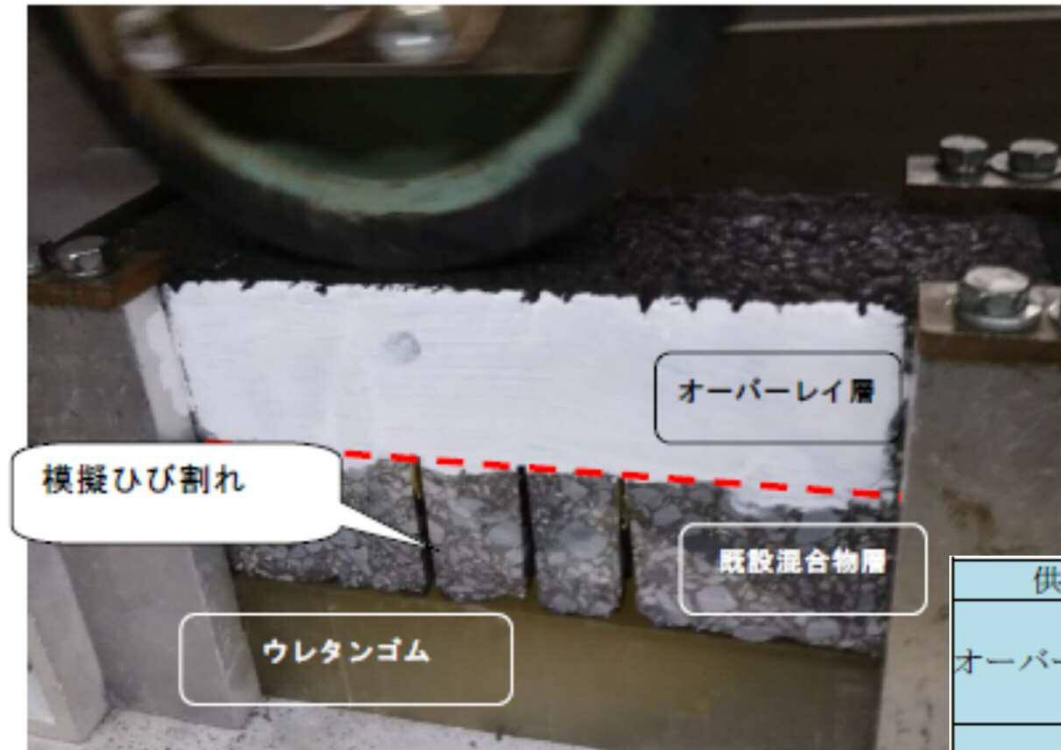
## パターン2：オーバーレイあるいは切削オーバーレイ



一定の曲率でひずみが生じる  
→ **曲げ疲労試験**

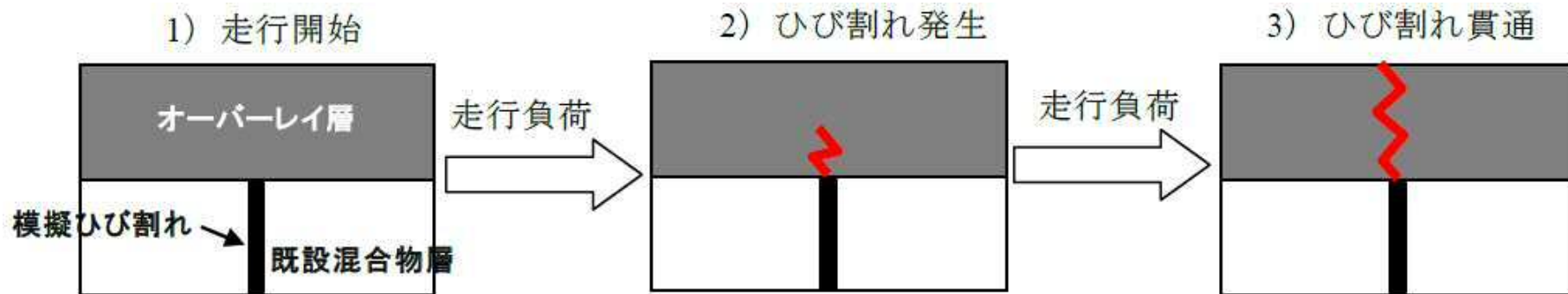


# ひび割れ貫通試験方法

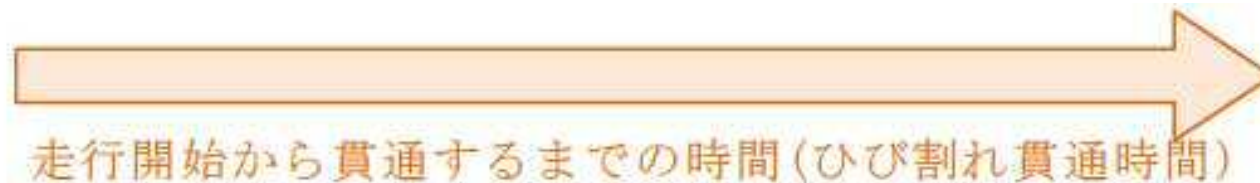


供試体寸法 (cm)		幅30×奥行8		
オーバーレイ層	バインダ	ストアス	II型	シナヤカ
	厚さ (cm)	5		
	混合物種	密粒度 (13)		
既設混合物層	バインダ	ストアス		
	厚さ (cm)	5		
	混合物種	密粒度 (13)		
クラック幅		3mm		
タックコート		PKM-T		
ウレタン硬度		30°		
試験温度		15℃		
試験荷重		686N		
トラッキング速度		42回/分		

# ひび割れ貫通試験の評価方法



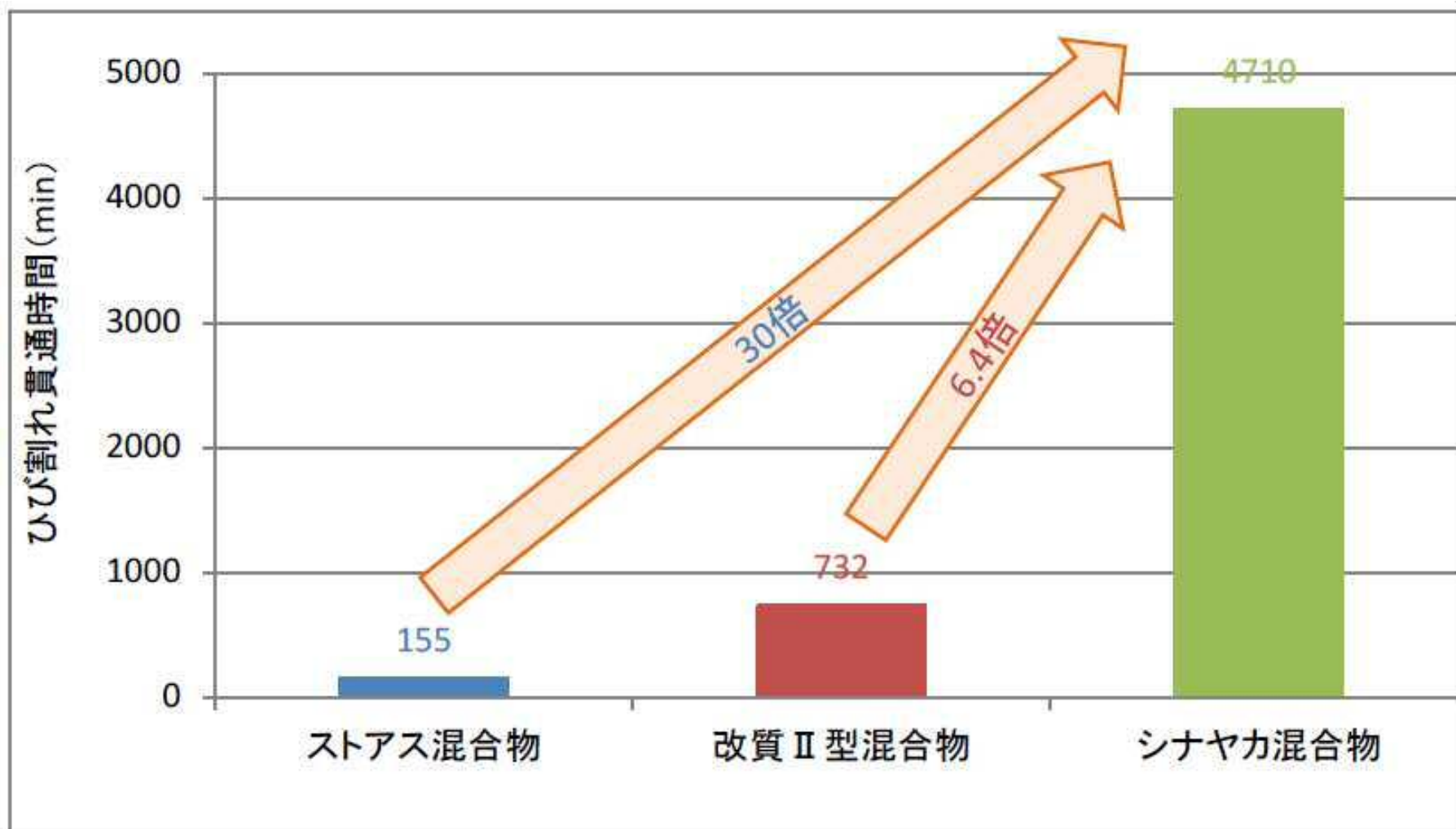
## ① 貫通抵抗性



## ② 伝搬速度

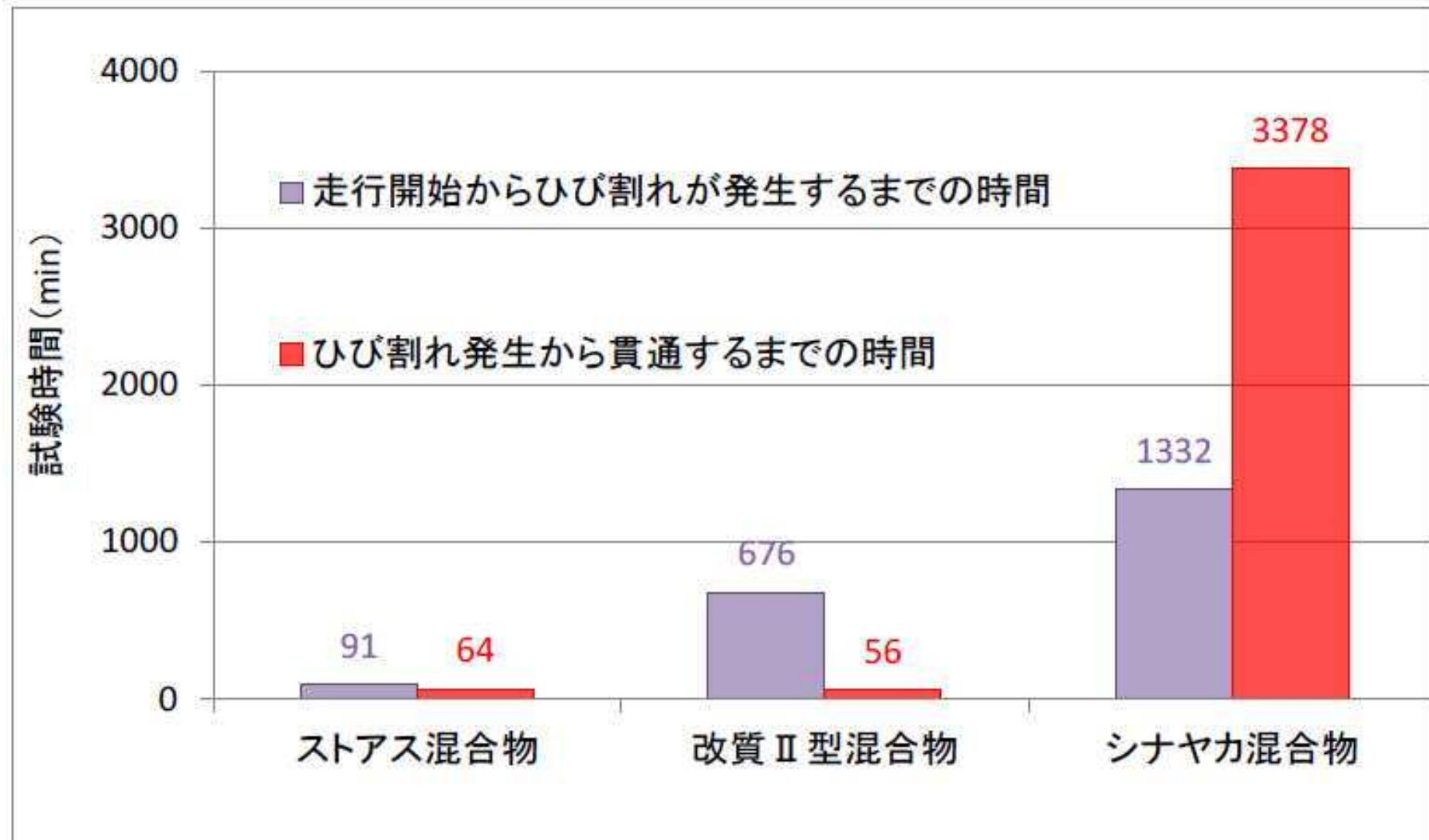


# ひび割れ貫通試験結果

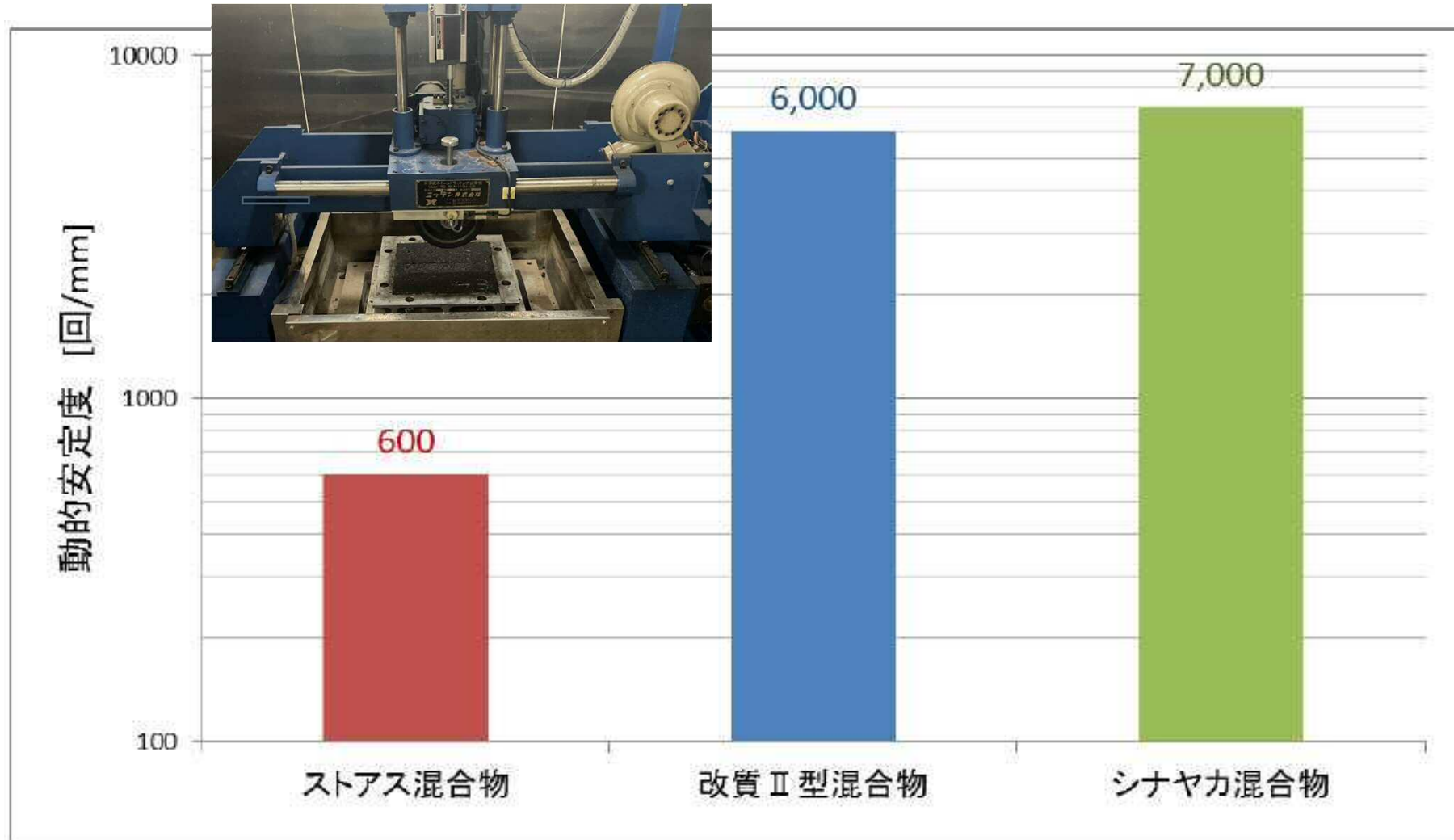




# ひび割れ伝播速度の評価結果



# ホイールトラッキング試験結果(わだち掘れ抵抗性)



# 曲げ疲労試験



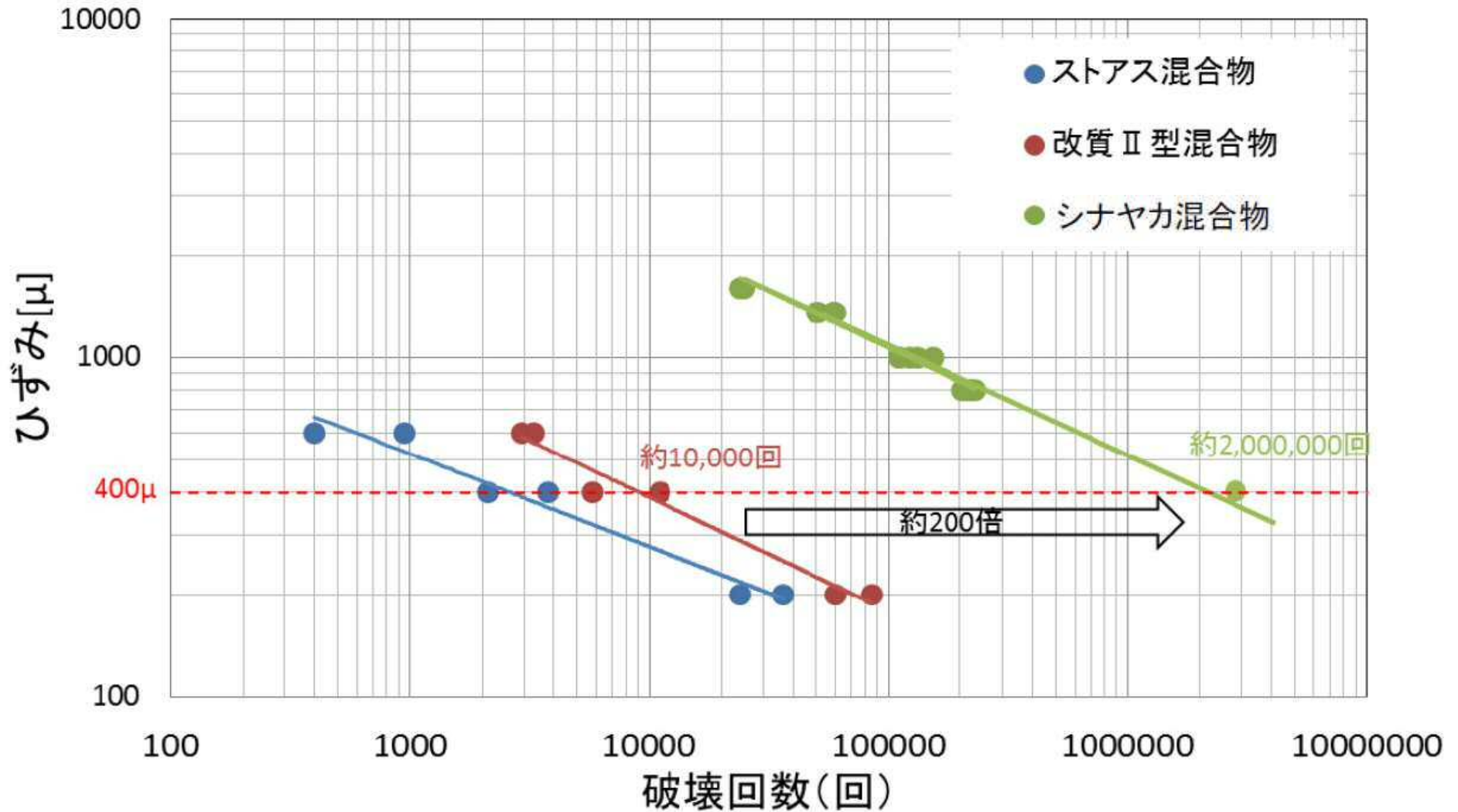
項目	条件
载荷方法	両端固定2点载荷
供試体寸法	4×4×40cm
スパン	30cm
試験方法	ひずみ制御
試験温度	15℃
载荷周波数	5Hz
試験ひずみ	200～1300μ
試験槽	水冷方式
载荷波形	サイン波



# 曲げ疲労試験状況



# 曲げ疲労試験の結果



# 改質AS混合物における等値換算係数



舗装設計便覧(平成18年度)日本道路協会」では「改質アスファルトを使用する場合には、その強度に応じた等値換算係数を設定する(P.79抜粋)」と記述があるものの、「舗装設計便覧(平成18年度)P.81」には、以下のように示されている。

- ・新たな材料・工法については、その強度などに応じた等値換算係数を道路管理者が設定することで、TA法の適用が可能となる。
- ・試験舗装を通じて等値換算係数を求めるためには、多大な費用と時間を必要とするため、室内試験から等値換算係数を評価することもできる。

そこで、「アスファルト混合物の曲げ疲労試験」と「ダイナミックモジュラス試験」を使用し、「シナヤカ混合物」の等値換算係数 $\alpha_{sin}$ を求め、これを用いて長寿命化効果について検証した。



# TA係数 $\alpha$ 導出

シナヤカ混合物のTA係数 $\alpha$ 導出は、曲げ疲労試験の考え方に基づいてストアス混合物(st)とシナヤカ混合物(sin)の比を求める式(1)を作成し、ストアス混合物(1cm)に対するシナヤカ混合物の厚さ(h)の比を導出した。

$$\frac{h_{st}}{h_{sin}} = \sqrt{\frac{\epsilon_{sin, Ni} \cdot E_{sin}}{\epsilon_{st, Ni} \cdot E_{st}}} \dots \text{式 (1)}$$

・破壊ひずみ $\epsilon$  ⇒ 曲げ疲労試験

・弾性係数E ⇒ ダイナミックモジュラス試験 (DM試験)

ここに、

$\sigma$  : 供試体に生じる応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$\epsilon$  : 供試体の破壊ひずみ ( $\mu$ m)

E : 供試体の弾性係数 (Mpa)

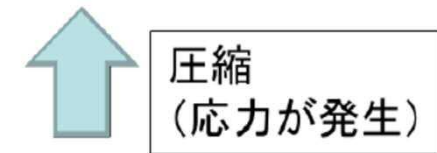
Ni : 破壊回数

b : 供試体の幅 (cm)

h : 供試体の高さ (cm)

# TA係数 $\alpha$ 導出方法

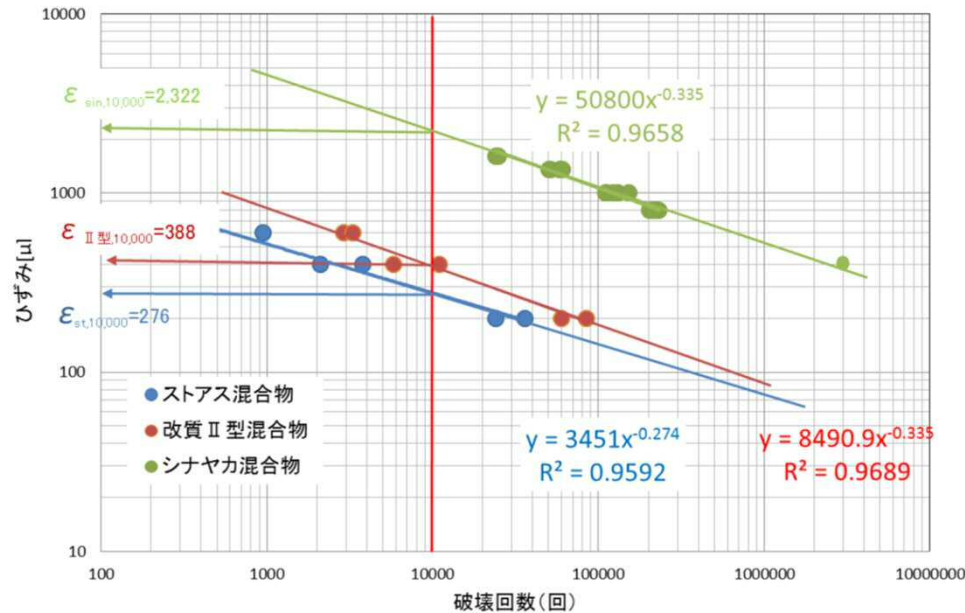
- ・ 破壊ひずみ $\epsilon$   $\Rightarrow$  曲げ疲労試験 (15°C)



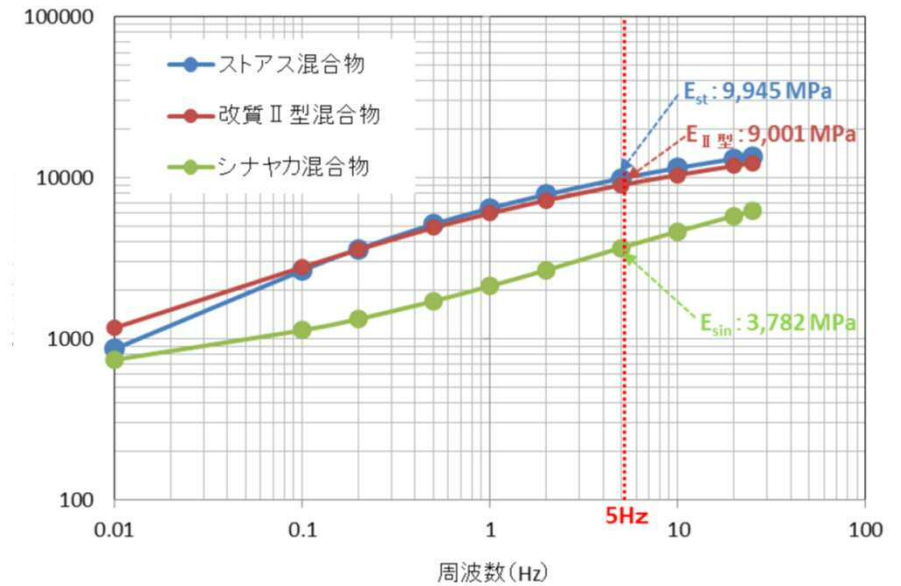
$$\text{弾性係数} E = \text{応力} \sigma / \text{破壊ひずみ} \epsilon$$

- ・ 弾性係数 $E$   $\Rightarrow$  ダイナミックモジュラス(DM)試験 (15°C)

# 曲げ疲労試験およびDM試験結果



ひずみと疲労破壊回数の関係



DM試験結果から得られた周波数と弾性係数の関係

# TA係数 $\alpha$ 導出

疲労破壊回数(回) $N_i$	ストアス混合物		改質II型混合物			シナヤカ混合物		
	$N_i$ 時のひずみ $\epsilon_{Ni} (\mu)$	弾性係数 $E_{st}$	$N_i$ 時のひずみ $\epsilon_{Ni} (\mu)$	弾性係数 $E_{II型}$	等値換算係数 $\alpha$	$N_i$ 時のひずみ $\epsilon_{Ni} (\mu)$	弾性係数 $E_{sin}$	等値換算係数 $\alpha$
1,000	520	9,945	839	9,001	1.21	5,022	3,782	1.91
10,000	276		388		1.13	2,322		1.78
100,000	147		179		1.05	1,074		1.67
1,000,000	78		83		0.98	496		1.55
			平均		1.05	平均		1.70

$$\frac{h_{st}}{h_{sin}} = \sqrt{\frac{1,074 \mu m \times 3,782 \text{ Mpa}}{147 \mu m \times 9,945 \text{ Mpa}}} = 1.67$$

$$1\text{cm} (h_{st}) \div 1.67 = 0.59\text{cm}$$

ストアス混合物のTAは1cm=1.0である。シナヤカ混合物は、ストアス混合物の等値換算係数に対して1.7倍(1.0cm/0.59cm)の期待値と評価した。

# 既設舗装損傷中度の評価例(N5、設計CBR:8)



項 目	既設舗装 (中度損傷を想定)														
既設舗装構成図	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: right;">厚さ (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">既設アスコン(表層)</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">既設アスコン(基層)</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">既設上層路盤</td> <td style="text-align: center;">15</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">既設下層路盤</td> <td style="text-align: center;">15</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">路 床</td> <td style="text-align: center;">40</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">設計CBR : 8</td> <td style="text-align: center;">40</td> </tr> </tbody> </table>	厚さ (cm)		既設アスコン(表層)	5	既設アスコン(基層)	5	既設上層路盤	15	既設下層路盤	15	路 床	40	設計CBR : 8	40
	厚さ (cm)														
既設アスコン(表層)	5														
既設アスコン(基層)	5														
既設上層路盤	15														
既設下層路盤	15														
路 床	40														
設計CBR : 8	40														
①交通量区分	N5														
②必要等値換算厚 (TA)	19														
③計画交通量における疲労破壊輪数 (10年)	1, 000, 000														
④残存等値換算厚 (Tao)	14. 50 $5\text{cm} \times 0. 7 + 5\text{cm} \times 0. 7 + 15\text{cm} \times 0. 3 + 15\text{cm} \times 0. 2$														
⑤不足等値換算厚 (②-③)	-4. 50														

# 切削OL5cmの設計例(N5、設計CBR:8)



項目	設計案A 切削OL 13cm (表基層ストアス)	設計案B 切削OL 12cm (表層Ⅱ型改質)	設計案C 切削OL 5cm (表層シナヤカ)
修繕後の舗装構成図	厚さ (cm)	厚さ (cm)	厚さ (cm)
	密粒AS (ストアス) 5	密粒AS (改質Ⅱ) 5	密粒AS (シナヤカ) 5
	既設アスコン(基層) 5	既設アスコン(基層) 5	既設アスコン(基層) 5
	既設上層路盤 15	既設上層路盤 15	既設上層路盤 15
	既設下層路盤 15	既設下層路盤 15	既設下層路盤 15
【必要等値換算厚 TA に関する式 (舗装設計便覧 p.76 式 5.2.6)】			
<div style="border: 1px solid red; padding: 5px; display: inline-block;">                     信頼度90%の場合 <math>T_A = \frac{3.84N^{0.16}}{CBR^{0.3}}</math> ・ ・ 式 (1)                 </div> $\rightarrow$ $N = \left( \frac{TA \cdot CBR^{0.3}}{3.84} \right)^{10.16}$ ・ ・ 式 (2) <p style="text-align: center; color: blue;">疲労破壊輪数 N を求める式に変換!!</p>			
⑥補修後の等値換算厚	16.00 5cm × 1 + 5cm × 0.7 + 15cm × 0.3 + 15cm × 0.2	16.25 5cm × 1.05 + 5cm × 0.7 + 15cm × 0.3 + 15cm × 0.2	19.50 5cm × 1.7 + 5cm × 0.7 + 15cm × 0.3 + 15cm × 0.2
⑦直接工事費 (円/㎡)	2,200	2,500	4,800
⑧設計年数	3.7	4.1	12.7
⑨年間コスト (円/㎡) ⑦/⑧	595	610	378
総合評価	○	△	◎

40



# 信頼度90%10年設計の例(N5、設計CBR:8)



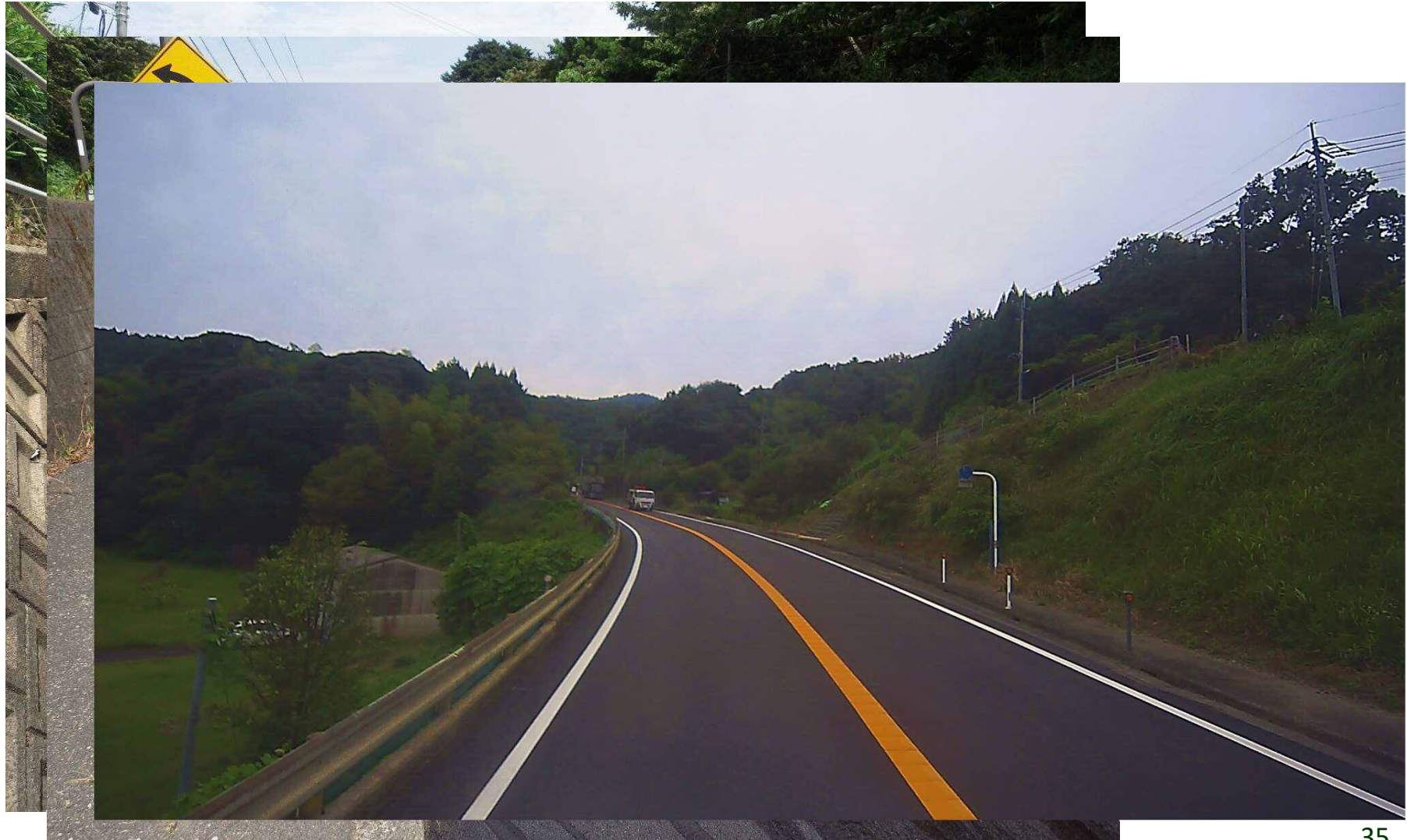
項目	設計案A 切削0L 13cm (表基層ストアス)	設計案B 切削0L 12cm (表層Ⅱ型改質)	設計案C 切削0L 5cm (表層シナヤカ)
	厚さ (cm)	厚さ (cm)	厚さ (cm)
修繕後の舗装構成図	密粒AS (ストアス) 6	密粒AS (改質Ⅱ) 6	密粒AS (シナヤカ) 5
	密粒AS (ストアス) 7	密粒AS (改質Ⅱ) 6	既設アスコン(基層) 5
	既設上層路盤 12	既設上層路盤 13	既設上層路盤 15
	既設下層路盤 15	既設下層路盤 15	既設下層路盤 15
	路 床	路 床	路 床
	設計CBR : 8 40	設計CBR : 8 40	設計CBR : 8 40
⑥補修後の等値換算厚	19.60 $6\text{cm} \times 1 + 7\text{cm} \times 1 + 12\text{cm} \times 0.3 + 15\text{cm} \times 0.2$	19.50 $6\text{cm} \times 1.05 + 6\text{cm} \times 1.05 + 13\text{cm} \times 0.3 + 15\text{cm} \times 0.2$	19.50 $5\text{cm} \times 1.7 + 5\text{cm} \times 0.7 + 15\text{cm} \times 0.3 + 15\text{cm} \times 0.2$
⑦直接工事費 (円/㎡)	5,100	6,300	4,800
⑧設計年数	10.0	10.0	10.0
⑨年間コスト (円/㎡) ⑦/⑧	510	630	480
総合評価	○	△	◎

# 中国管内のシナヤカファルト実績



番号	施工年度	都道府県	発注官庁	案件名/施工箇所	施工面積㎡	厚さcm	表層/基層	TA=1.7適用	備考
1	2019年11月	広島県	広島県	一般国道186号	1,570㎡	4cm	表層		
2	2019年12月	広島県	広島県	一般国道375号	1,110㎡	5cm	表層		
3	2020年1月	広島県	道路公社	広島熊野道路	1,180㎡	13cm	基層・表層	○	
4	2020年2月	広島県	広島市	佐伯2区36号線	2,400㎡	5cm	表層		
5	2020年2月	広島県	広島県	一般国道375号	1,900㎡	5cm	表層		
6	2020年2月	広島県	東広島市	西条地区/広島県東広島市西条土与丸	850㎡	4cm	表層		
7	2020年3月	広島県	広島県	一般国道375号	1,400㎡	5cm	表層		
8	2020年3月	広島県	広島県	主要地方道 広島三次線	5,200㎡	5cm	表層		
9	2020年6月	広島県	広島市	主要地方道 広島湯来線	1,300㎡	5cm	基層		
10	2020年9月	鳥取県	米子市役所	市道河崎上彦名線	1,076㎡	5cm	表層	○	
11	2020年3月	広島県	広島県	一般国道375号	1,400㎡	5cm	表層		
12	2020年3月	広島県	広島県	主要地方道 瀬野川福富本郷線	1,200㎡	4cm	表層		
13	2020年11月	広島県	府中市	芦田川右岸線	3,200㎡	5cm	表層	○	
14	2021年2月	広島県	広島県	高速1号線	5400㎡	11cm	中間層・基層	○	
15	2021年2月	島根県	松江 国道事務所	国道9号太田地区	4,500㎡	5cm	基層		
16	2021年3月	広島県	広島県	主要地方道 広島三次線	2,500㎡	5cm	表層		
17	2021年4月	鳥取県	米子市	市道長宗像砂町線	1,000㎡	12cm	表層/基層	○	
18	2021年9月	島根県	浜田河川 国道事務所	国道9号三隅地区	7,500㎡	5cm	表層	○	発注者指定型
合 計					39,286㎡				

# 施工状況



ご清聴ありがとうございました。

# TA係数 $\alpha$ 導出

シナヤカ混合物のTA係数 $\alpha$ 導出は、曲げ疲労試験の考え方を採用

$$\sigma = \boxed{\varepsilon \cdot E} \quad \dots \text{式 (1)}$$

$$\sigma = \frac{M}{I} \cdot \frac{h}{2} = \boxed{\frac{6M}{b \cdot h^2}} \quad \dots \text{式 (2)}$$

$$\boxed{\varepsilon \cdot E} = \boxed{\frac{6M}{b \cdot h^2}} \quad \dots \text{式 (3)}$$

ここに、

$\sigma$  : 供試体に生じる応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$\varepsilon$  : 供試体のひずみ ( $\mu\text{m}$ )       $b$  : 供試体の幅 (cm)

$E$  : 供試体の弾性係数 (Mpa)       $h$  : 供試体の高さ (cm)

$M$  : 供試体に与えた荷重によって生じるモーメント (N·m)

$I$  : 供試体の断面2次モーメント (mm<sup>4</sup>)

$$\boxed{\varepsilon = \frac{6M}{b \cdot h^2 \cdot E}} \quad \dots \text{式 (4)}$$

# TA係数 $\alpha$ 導出

そこで、式(4)により、ストアス混合物(st)とシナヤカ混合物(sin)の比を求める式(5)を作成した。

シナヤカ混合物(sin)の等値換算係数( $\alpha$ )は、式(5)を変形した式(6)に基づき、ストアス混合物(1cm)に対するシナヤカ混合物の厚さ(h)の比を導出する。

$$\frac{\varepsilon_{\text{sin, Ni}}}{\varepsilon_{\text{st, Ni}}} = \frac{\frac{6M}{b \cdot h^2 \text{sin} \cdot E_{\text{sin}}}}{\frac{6M}{b \cdot h^2 \text{st} \cdot E_{\text{st}}}} \dots \text{式 (5)}$$

$$\frac{h_{\text{st}}}{h_{\text{sin}}} = \sqrt{\frac{\varepsilon_{\text{sin, Ni}} \cdot E_{\text{sin}}}{\varepsilon_{\text{st, Ni}} \cdot E_{\text{st}}}} \dots \text{式 (6)}$$