



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	難題と対峙して
Author(s)	森吉, 昭博
Description	北海道大学工学研究科2005年度最終講義. 平成18年3月3日. 北海道大学工学研究科, 札幌市.
Issue Date	2006-03-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/80978
Type	learning object
File Information	moriyoshi.lecture.pdf



難題と対峙して

平成18年3月3日

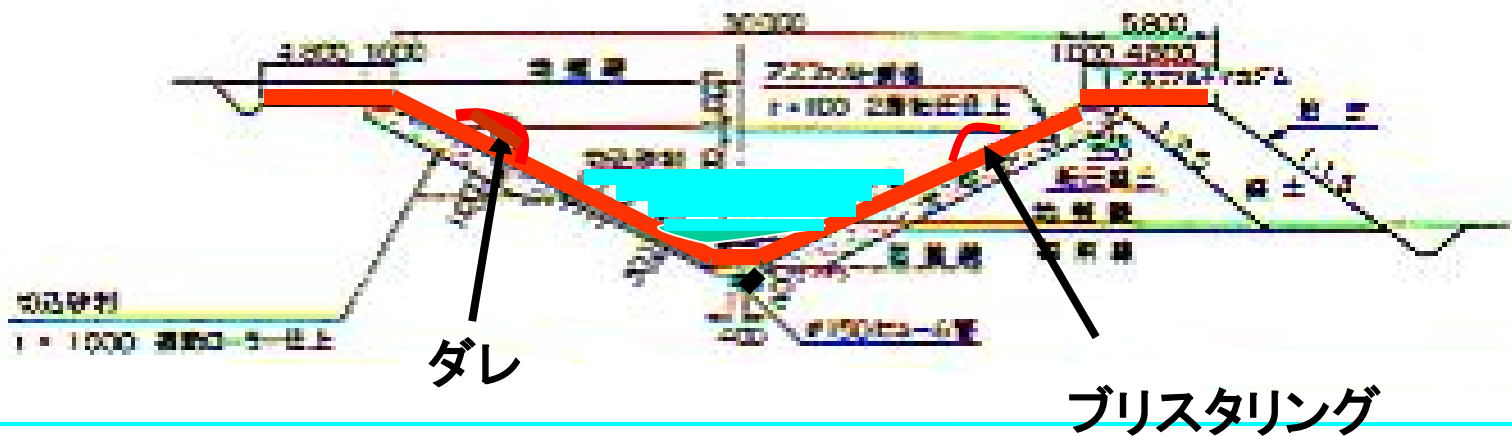
アスファルトの開水路

(2号開渠、長さ:750m)

南斜面 60本

北斜面 120本

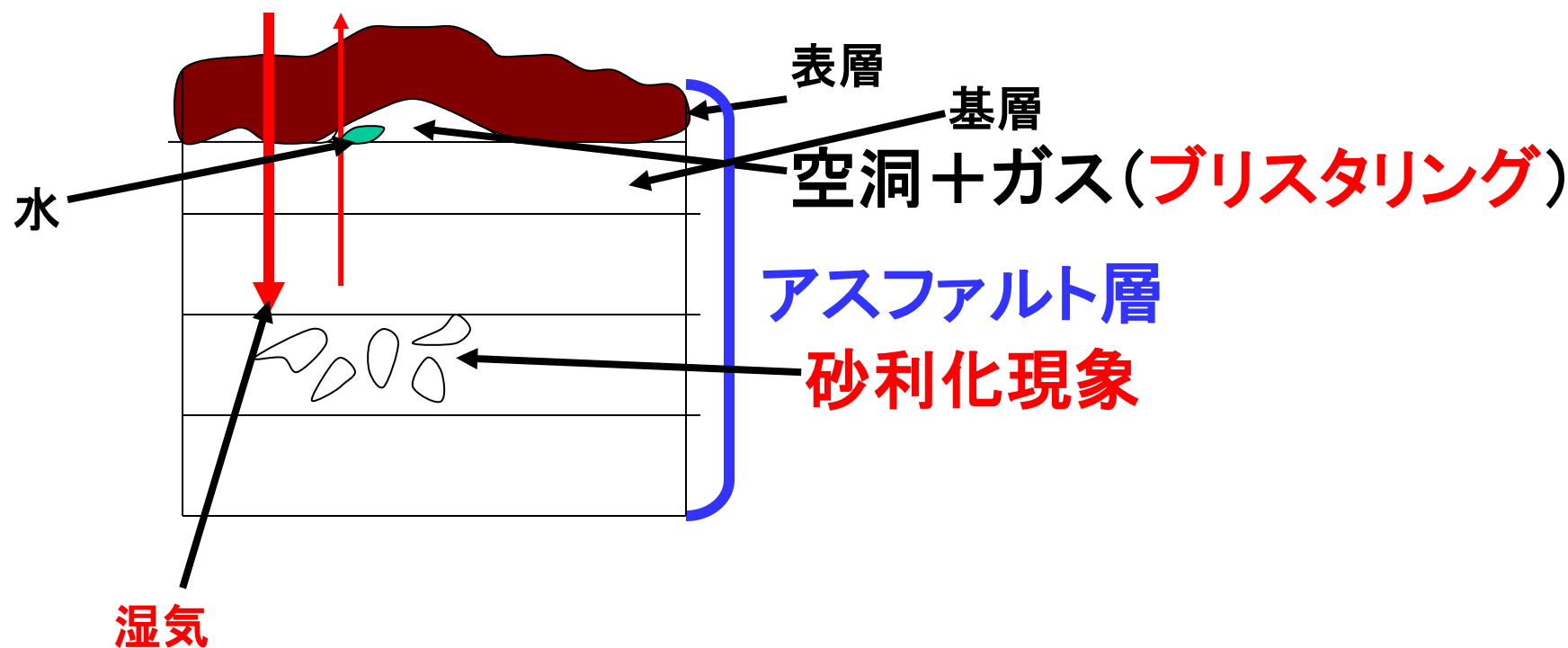
盛土所至



砂利化現象とブリスタリング 1

(施工後数ヶ年)

- ・ アスファルト舗装



低温亀裂部



南側斜面の亀裂補修跡



骨材の飛び出し



グースマットの斜面

グ-スマット →

アスコン →



コンクリートの開水路の損傷

(1号開渠)



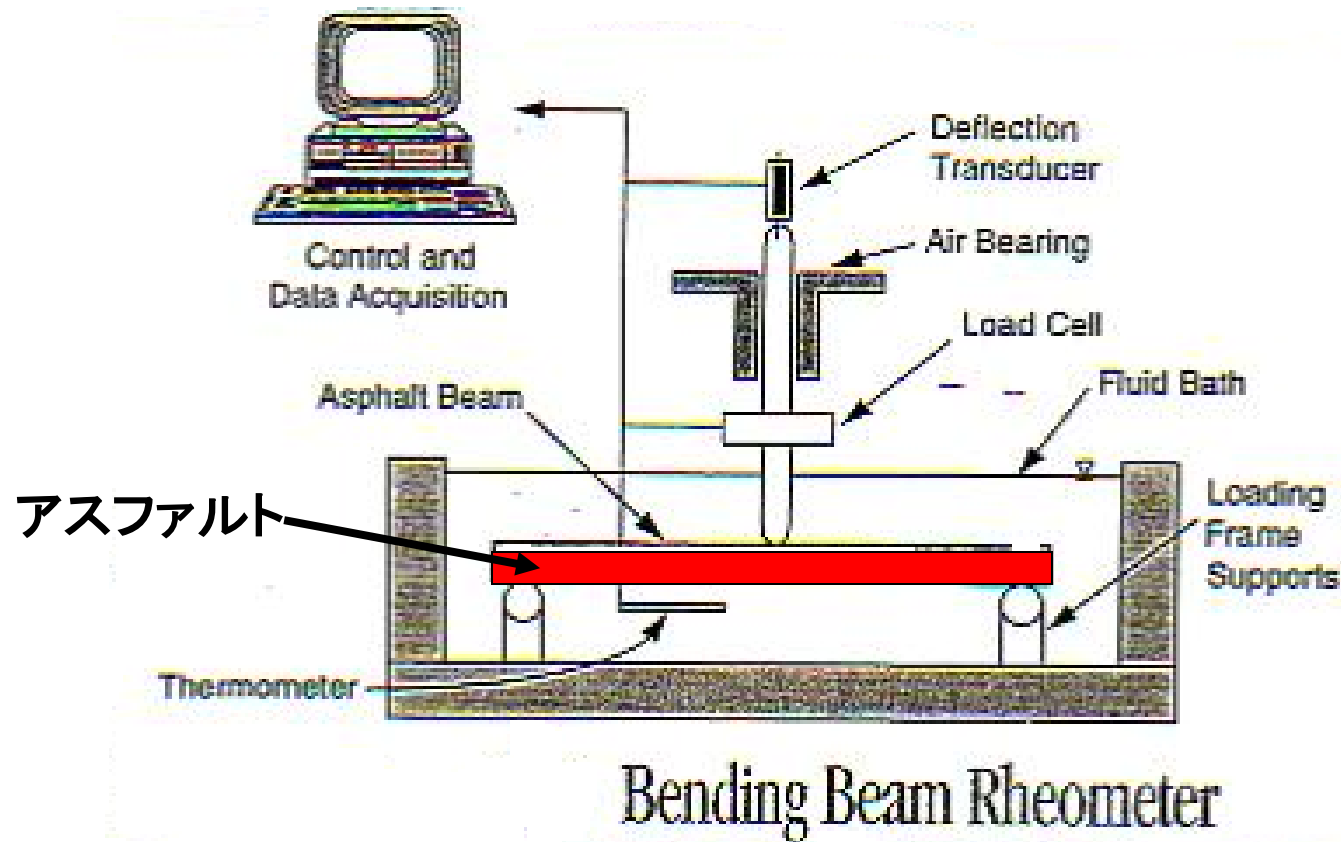
難題

- アスファルト
- アスファルト混合物
- アスファルト舗装
- セメントコンクリート
- 接着材の評価方法
- (試験法、解析法の開発)
- 基本的な性質把握の欠如
- (科学)

アスファルト舗装の主な損傷 (SHRP)

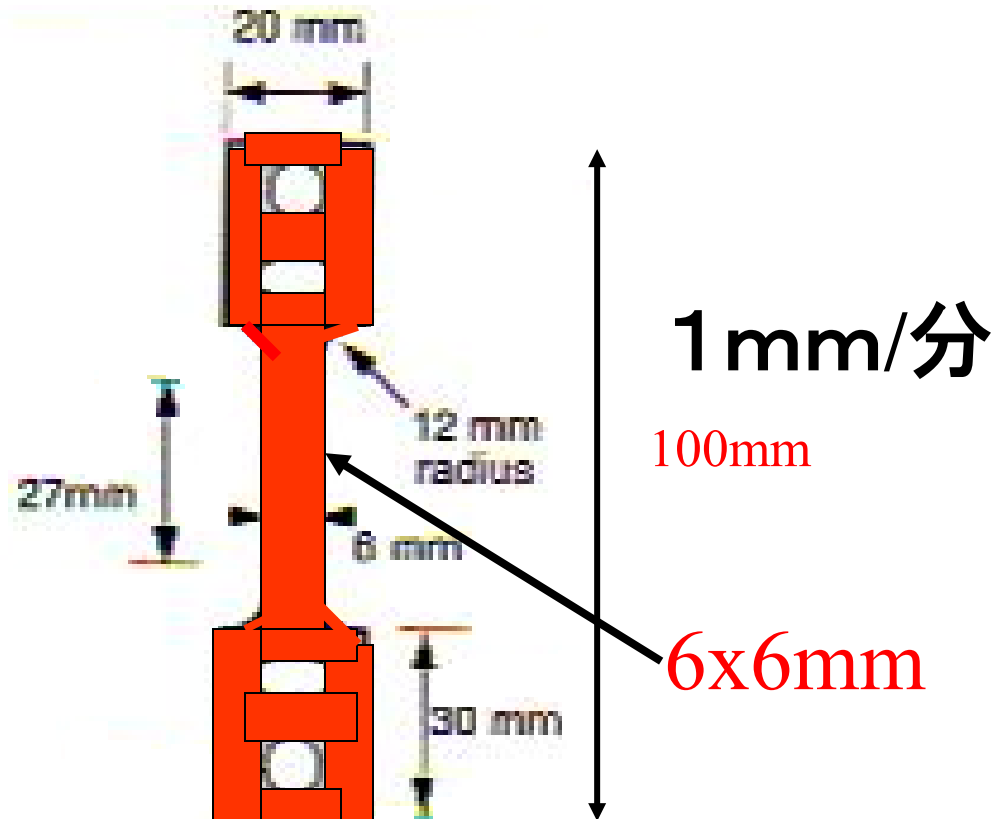
- わだち掘れ 粘度
- 低温亀裂 ひずみ、変形係数
- 破壊温度
- 疲労(設計) 粘度
- 劣化 加圧劣化試験
- 湿気による損傷 ?
- 舗装評価 = $f(\text{亀裂、わだち掘れ})$

曲げ梁のレオメータ(BBR)



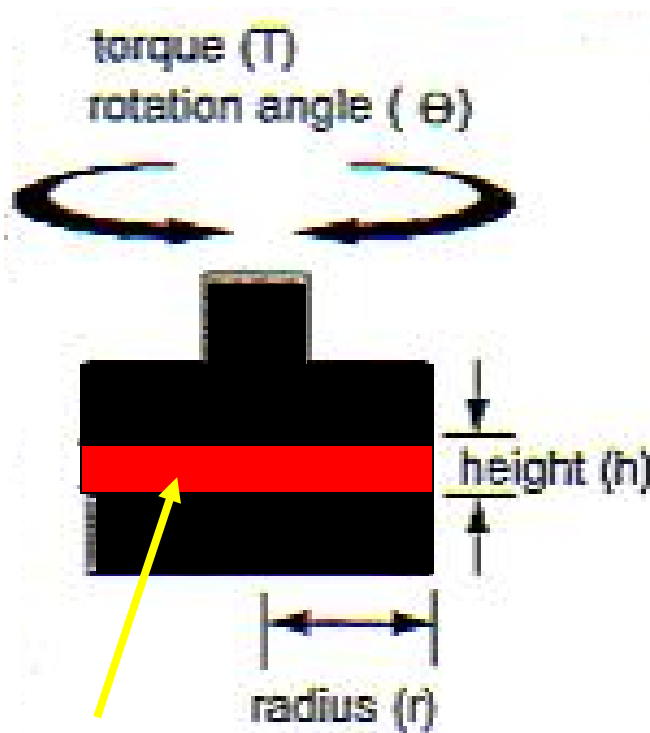
温度:最低温度+10°C、(6.25x125x12.5mm)

アスファルトの引張試験



温度：最低温度+10°C、 10000×10^{-6} 以上

せん断試験 (DSR)



アスファルト
(1-2mm)

$$\tau = \frac{2 T}{\pi r^3}$$

$$\gamma = \frac{\theta r}{h}$$

where

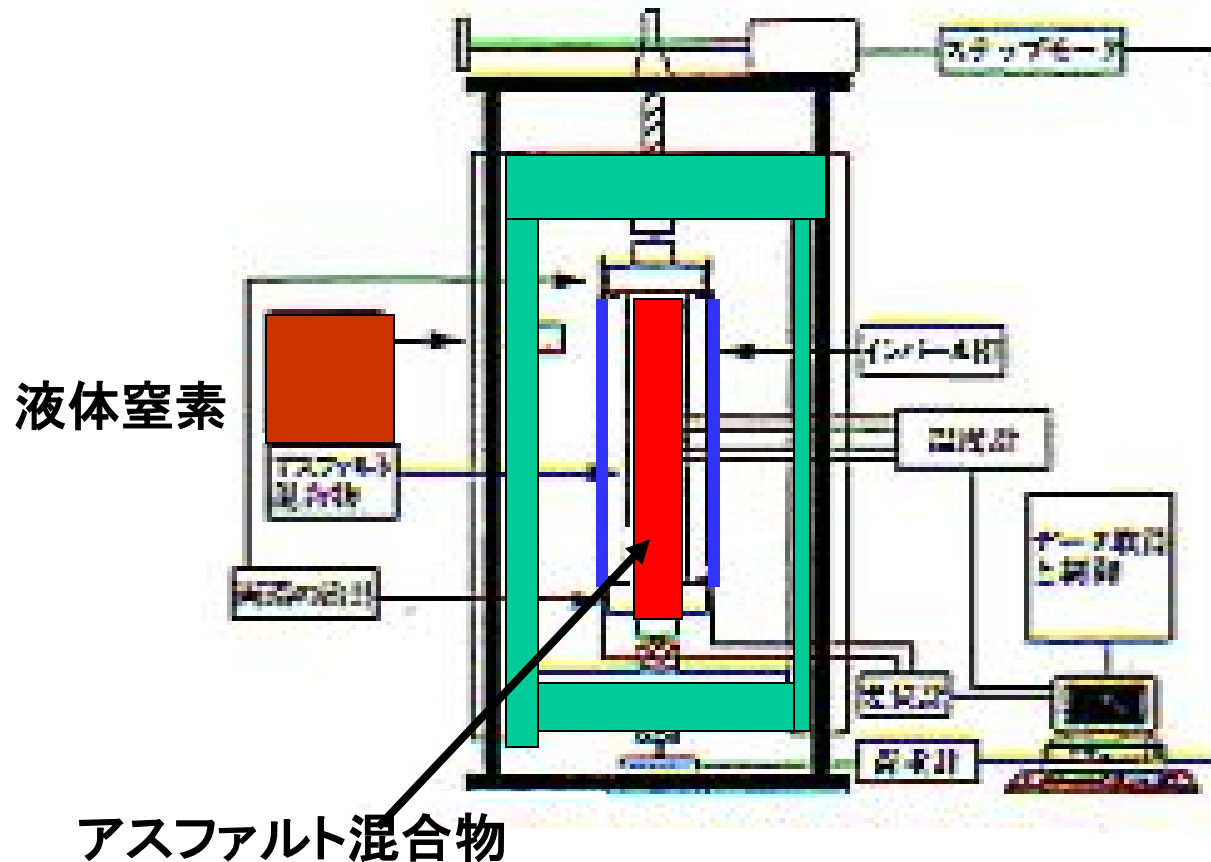
T = maximum applied torque,
r = radius of specimen (either
12.5 or 4 mm),
θ = rotation angle, and
h = specimen height (either 1
or 2 mm).

DSR Asphalt
Specimen
Calculations

温度: 7日 間続いた最高温度

熱応力破壊試験 (TSRST)

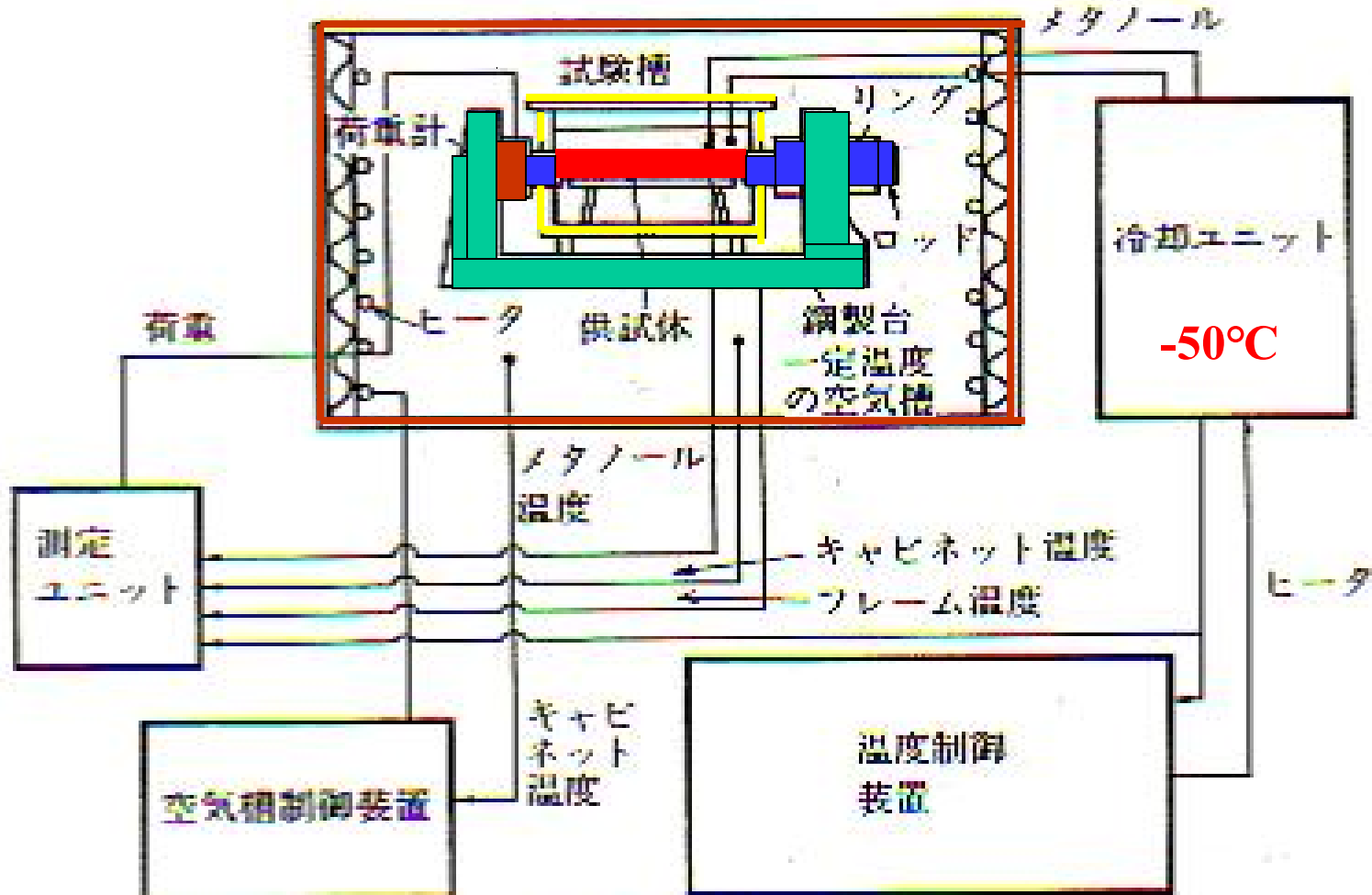
0.0025mm制御



寸法: 5x5x25cm, 冷却速度-10°C/h

アスファルト混合物の 熱応力試験

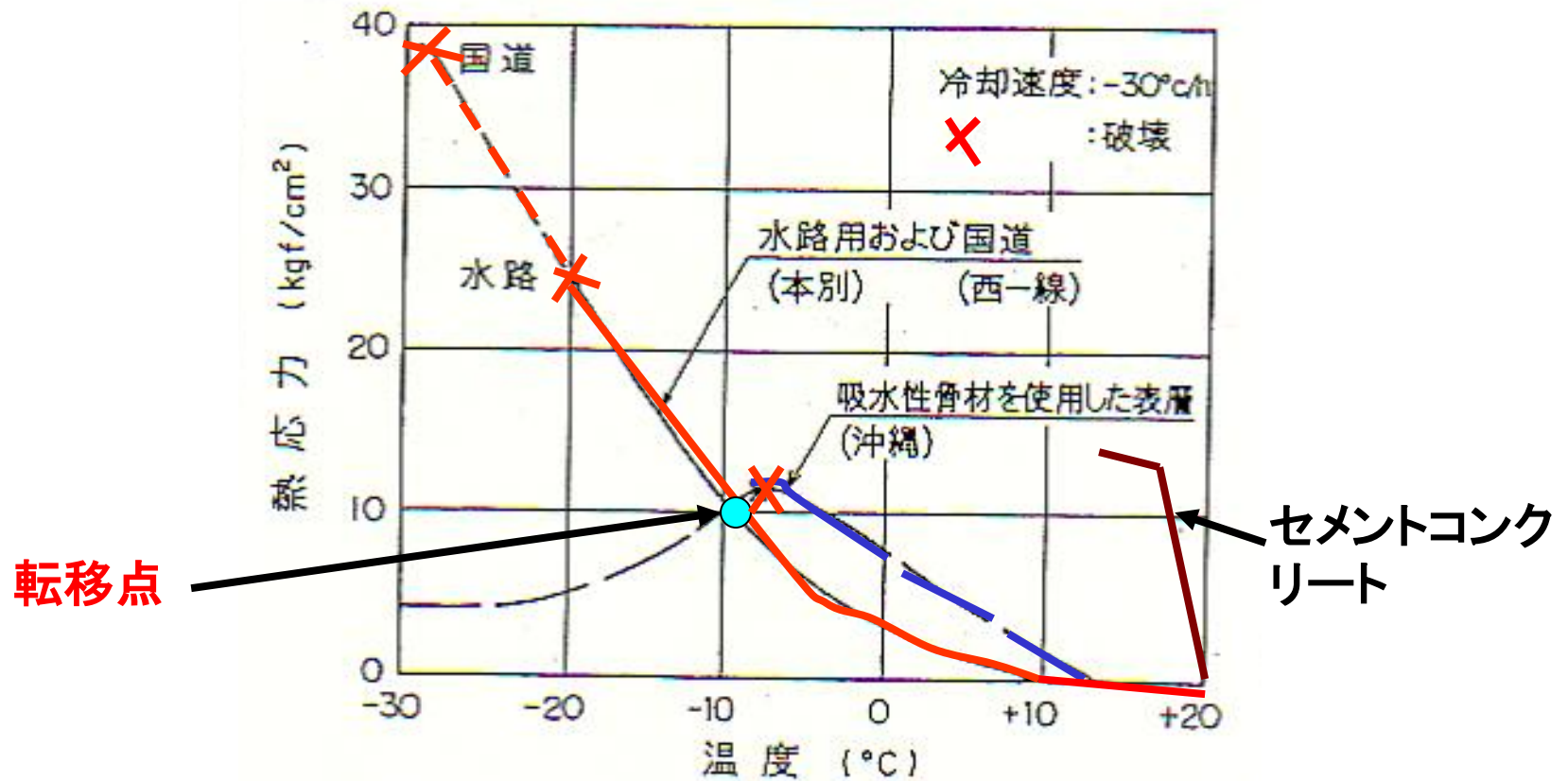
寸法:
2.5x2.5x25cm



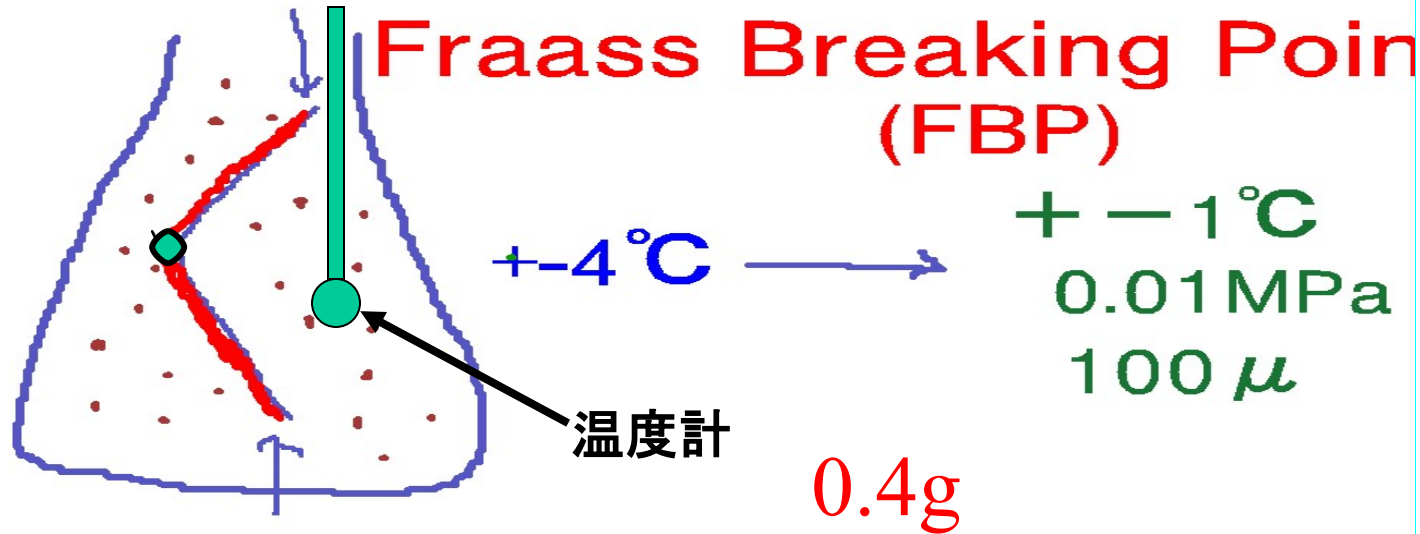
熱応力試験機の概要図

熱応力－温度曲線

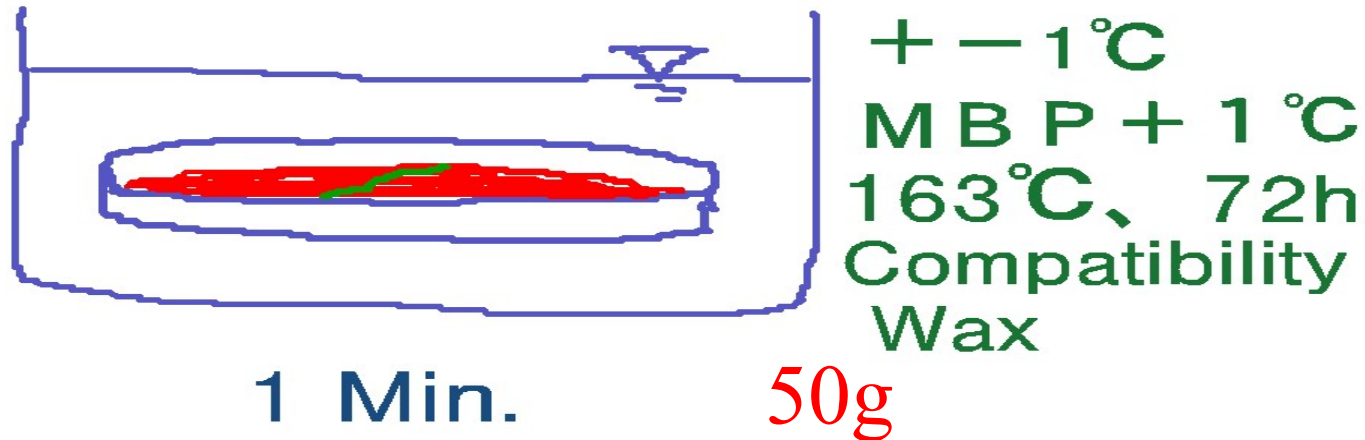
寸法:2.5x2.5x25cm



FBP,MBP(1Min.HTLTD)

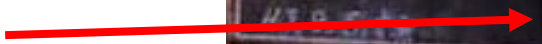


Moriyoshi Breaking Point Test (MBP)
 $\text{MBP} \rightleftharpoons \text{FBP} - 10^{\circ}\text{C}$



MBP試験(実験中)

試料



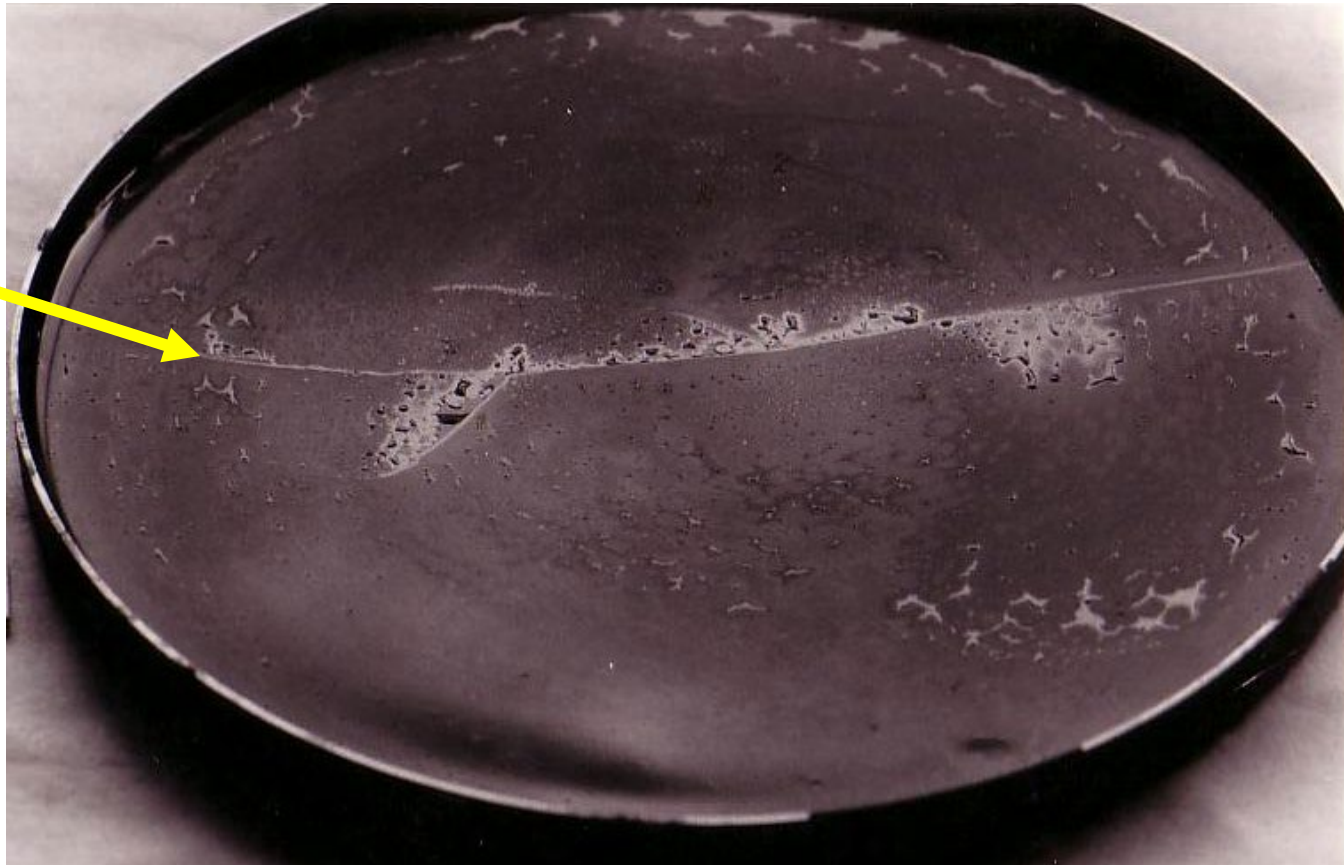
低温水槽



-50°C



アスファルトの亀裂形状 1

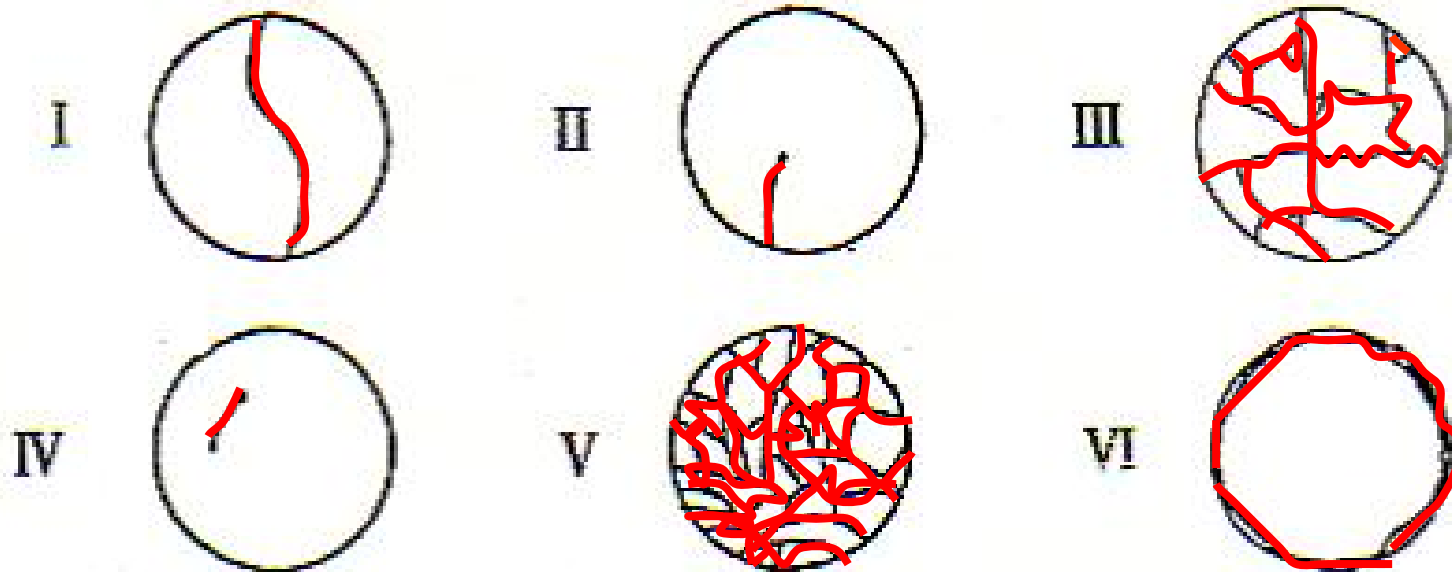


直径14cm、深さ1cm、アスファルト厚さ3mm

アスファルトの亀裂形状 3

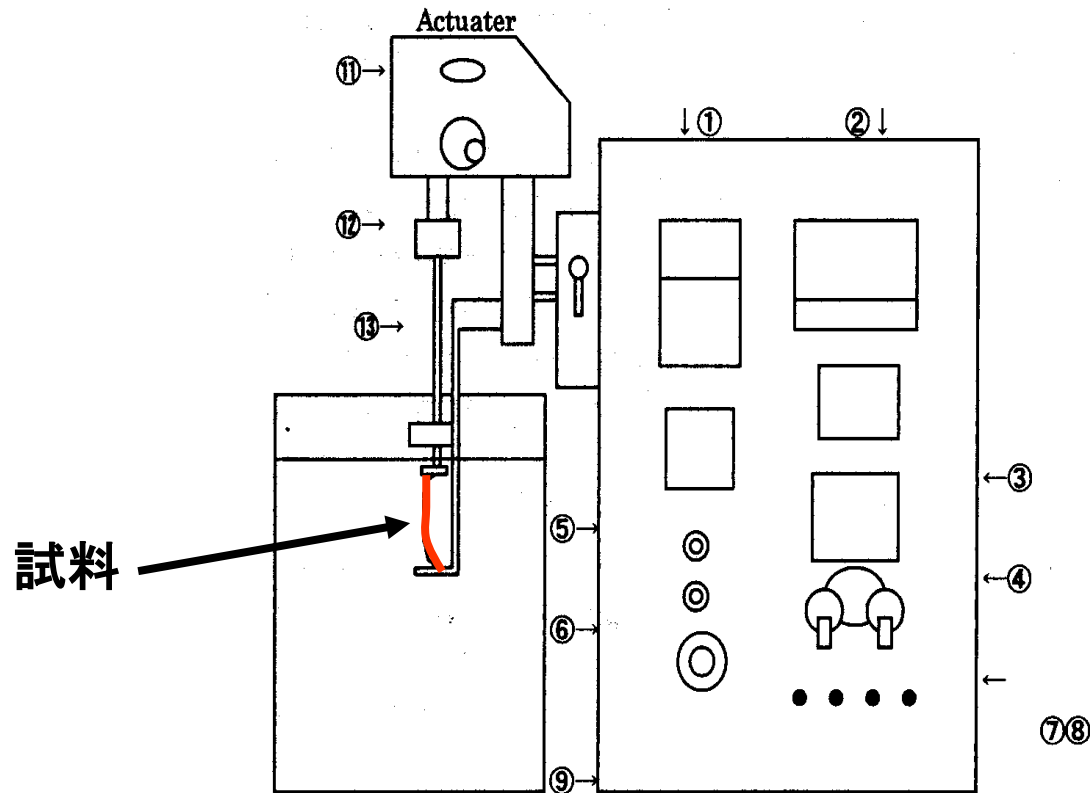


アスファルトの亀裂形状



図—1 亀裂の形状のタイプ分け

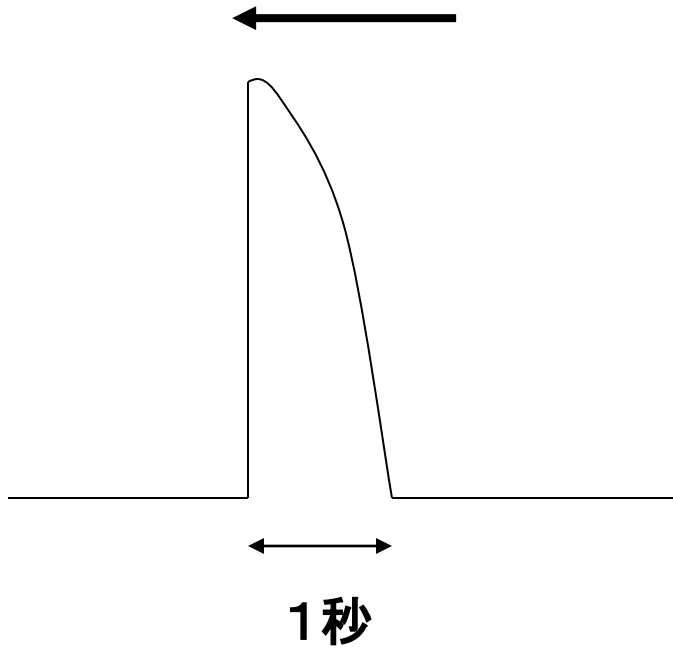
アスファルトの曲げ試験



鋼板：20x40x0.1mm、アスファルト厚さ：0.5mm

荷重-変形曲線

- 一定変形速度、一定温度



高精度型動的引張試験機

+ -

30/1000mm



+ -

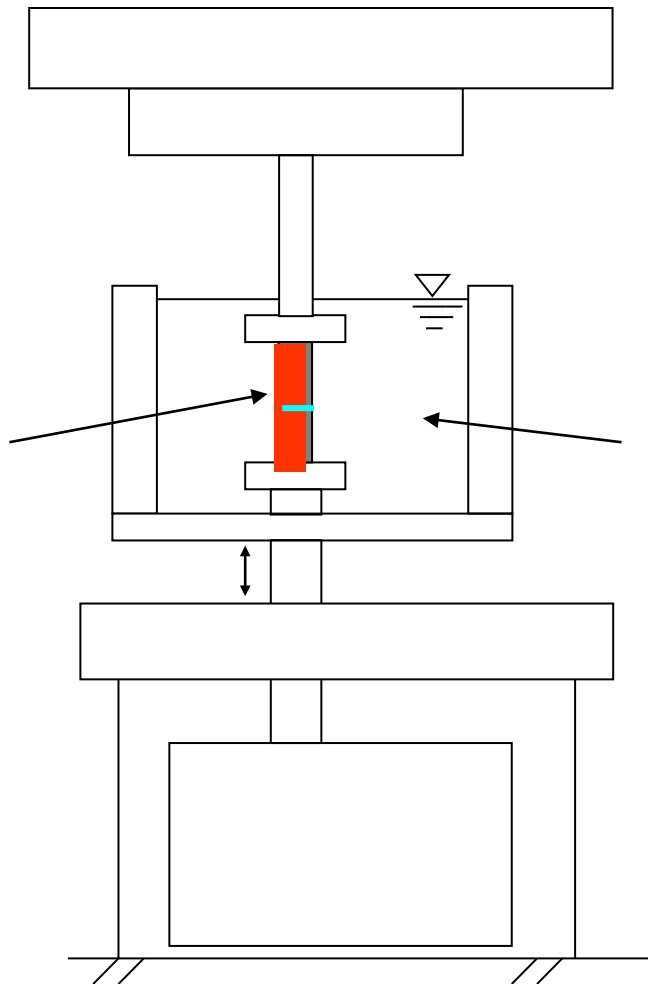
1/1000mm

寸法:

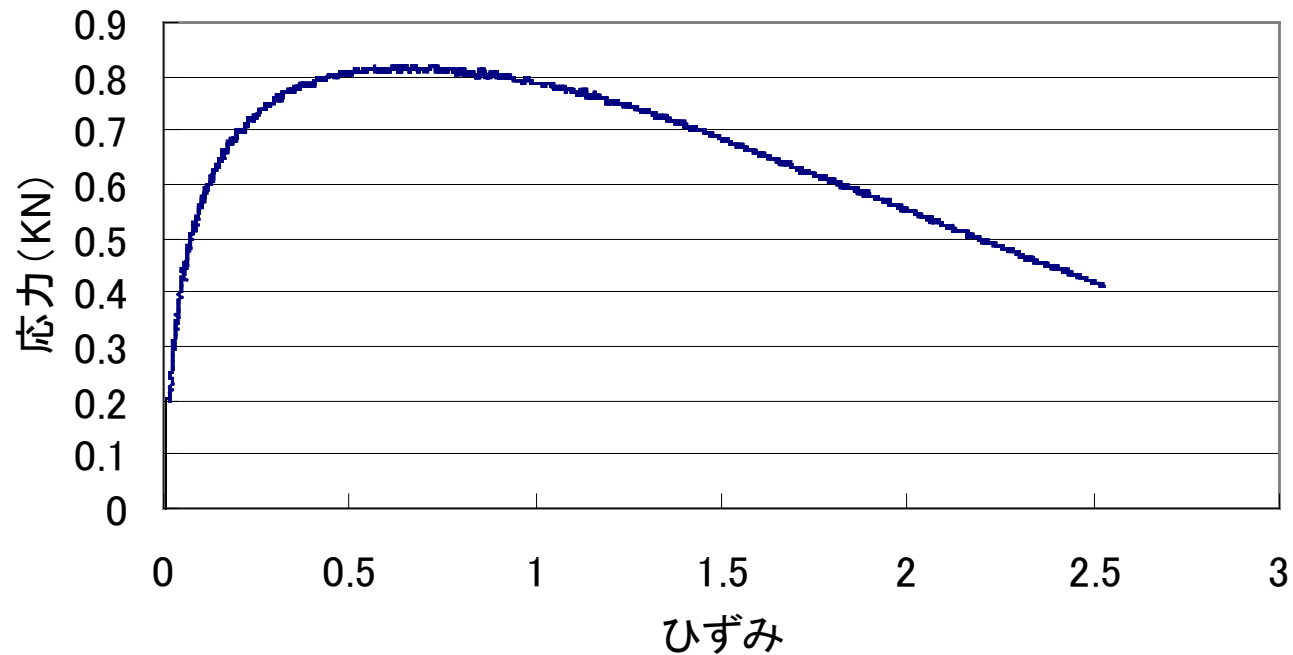
2.5x2.5x10cm

試料

メタノール



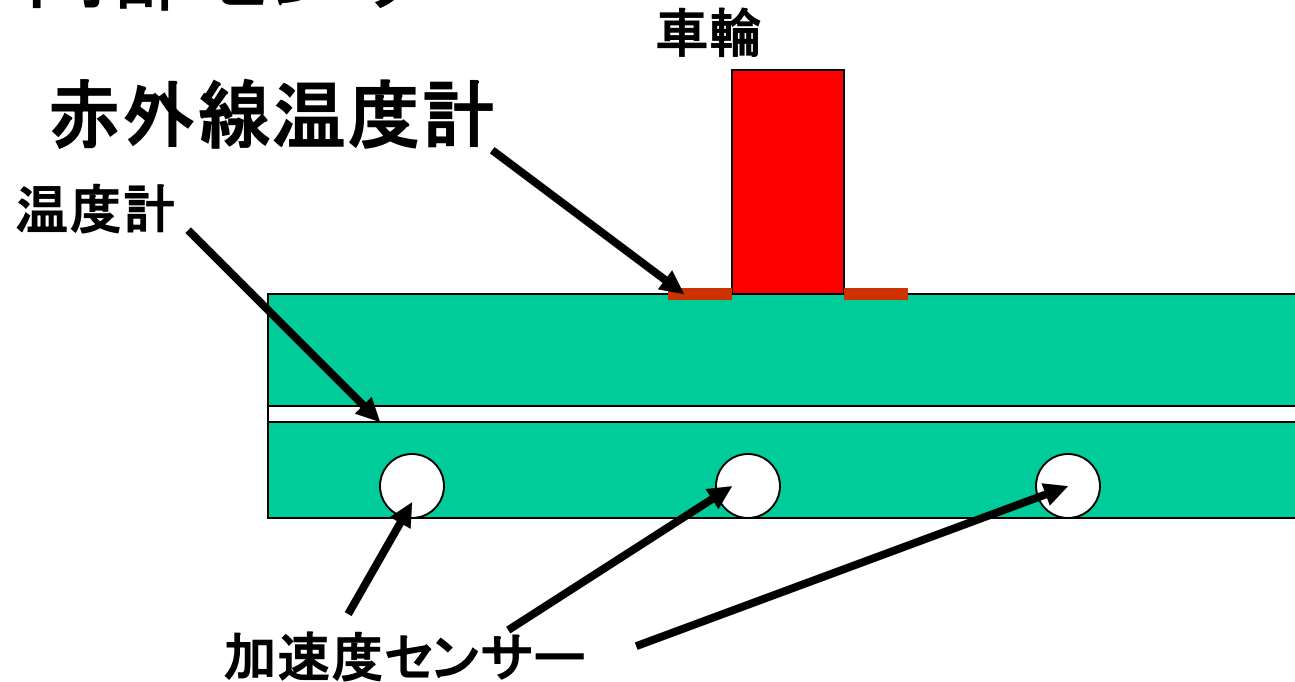
応力-ひずみ曲線



Topcel WT試験後+10°C

混合物中の応力の測定

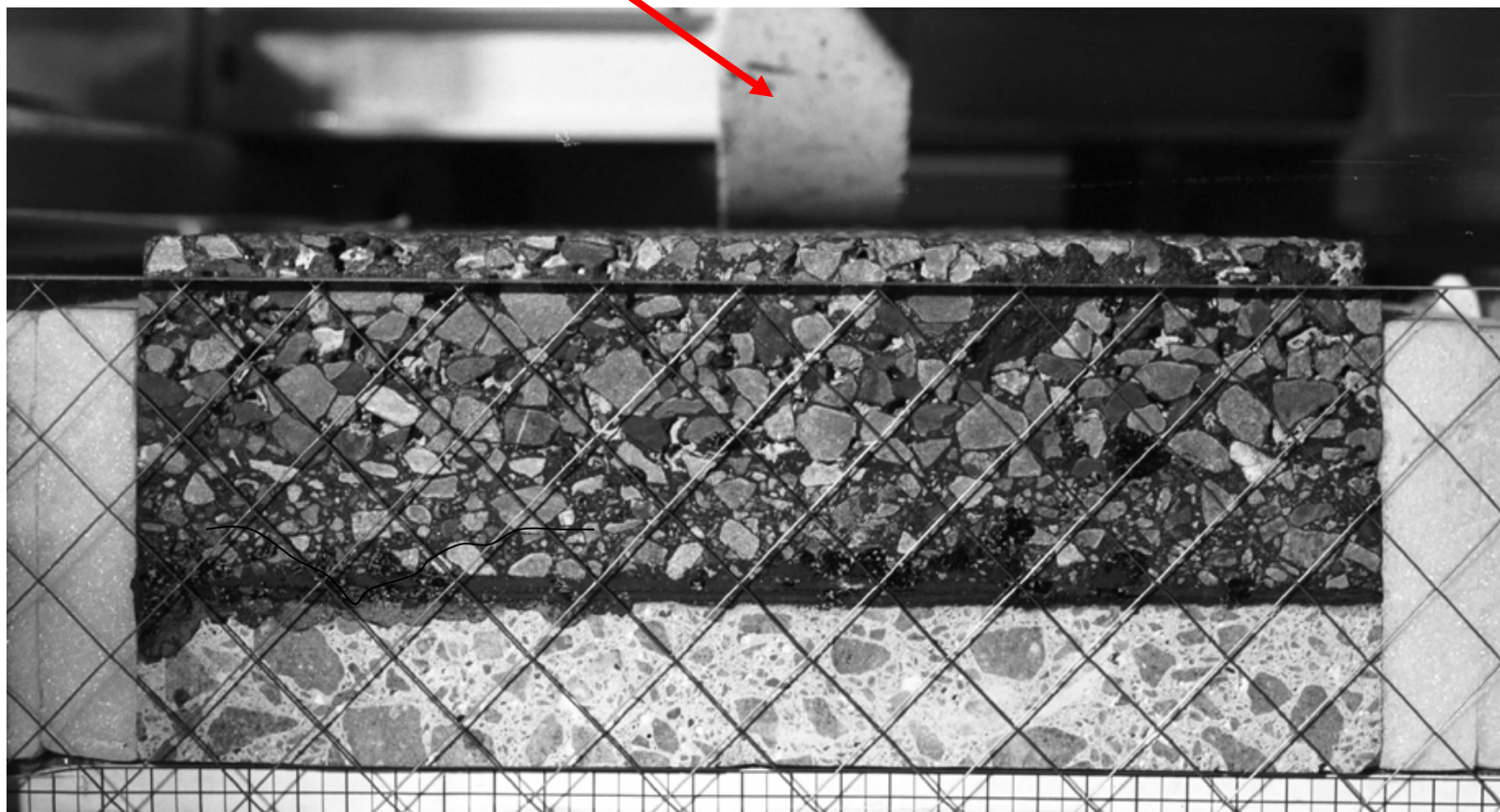
- 内部センサー



1層系の骨材の移動測定

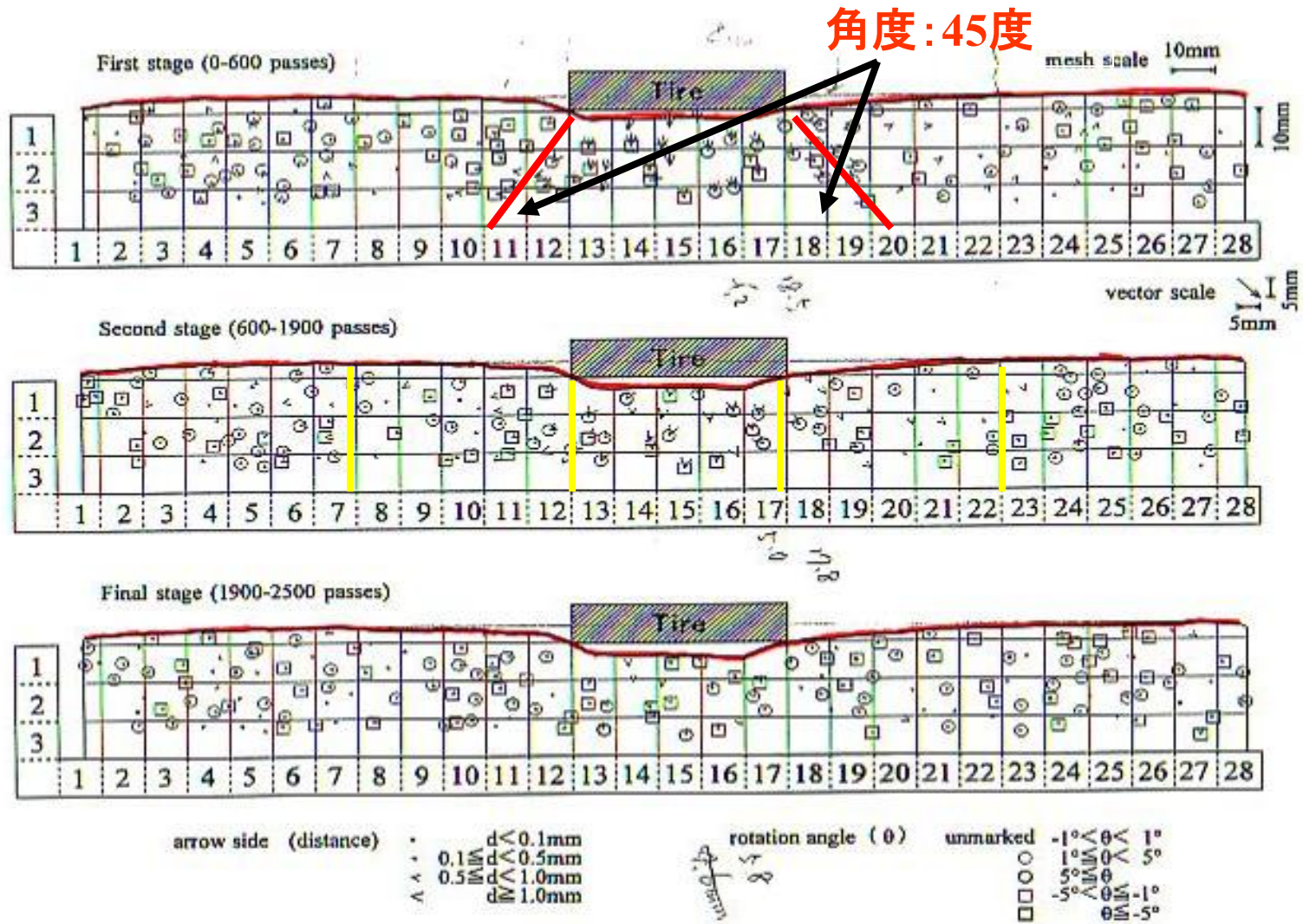
車輪

45°C



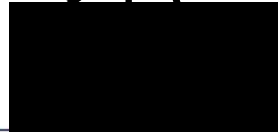
2mm以上の骨材すべて解析

骨材の移動



骨材間の変形状況

タイヤ



0pass



600pass



1900pass

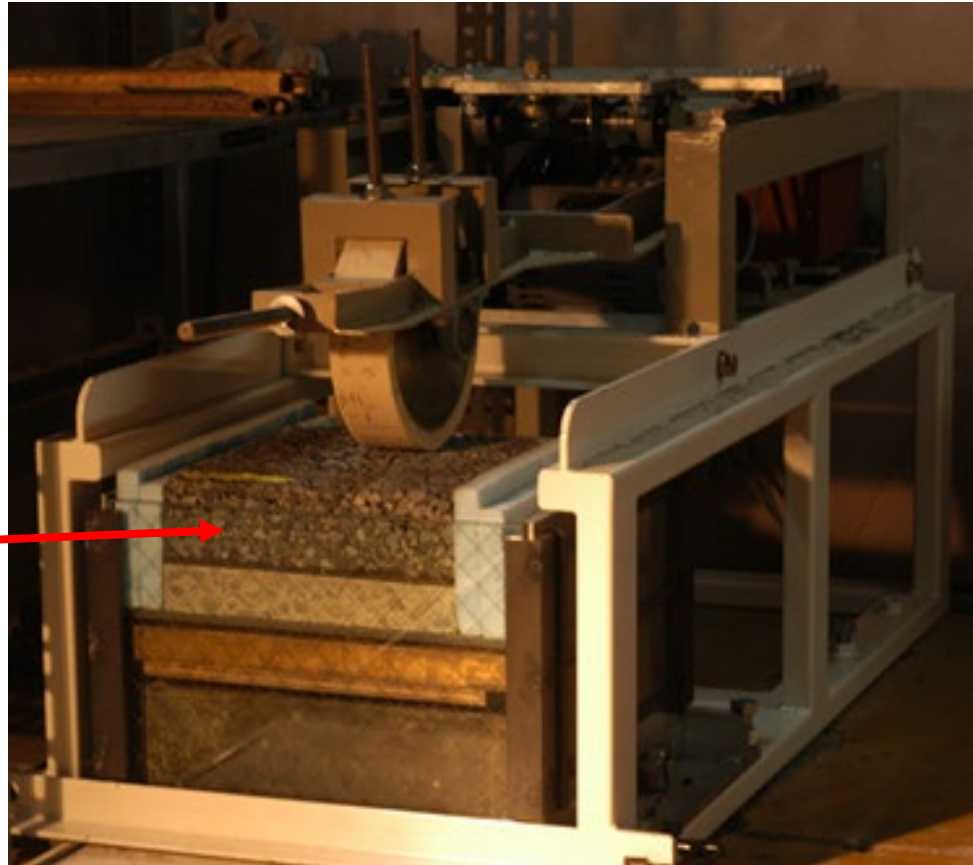


2500pass



北大式 多層型車両走行試験 (WT) Test

試料

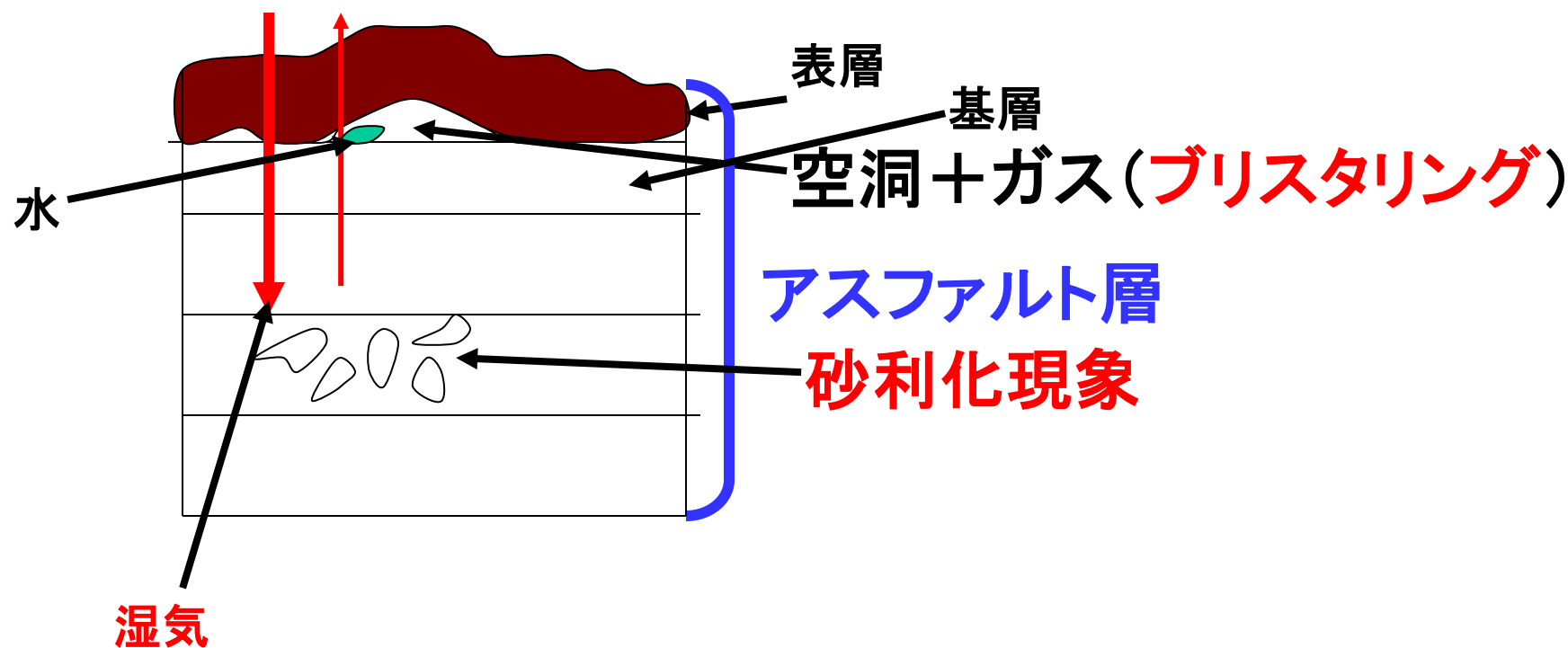


往復、1方向、ブレーキ、温度分布、多層系

砂利化現象とブリスタリング 1

(施工後数ヶ年)

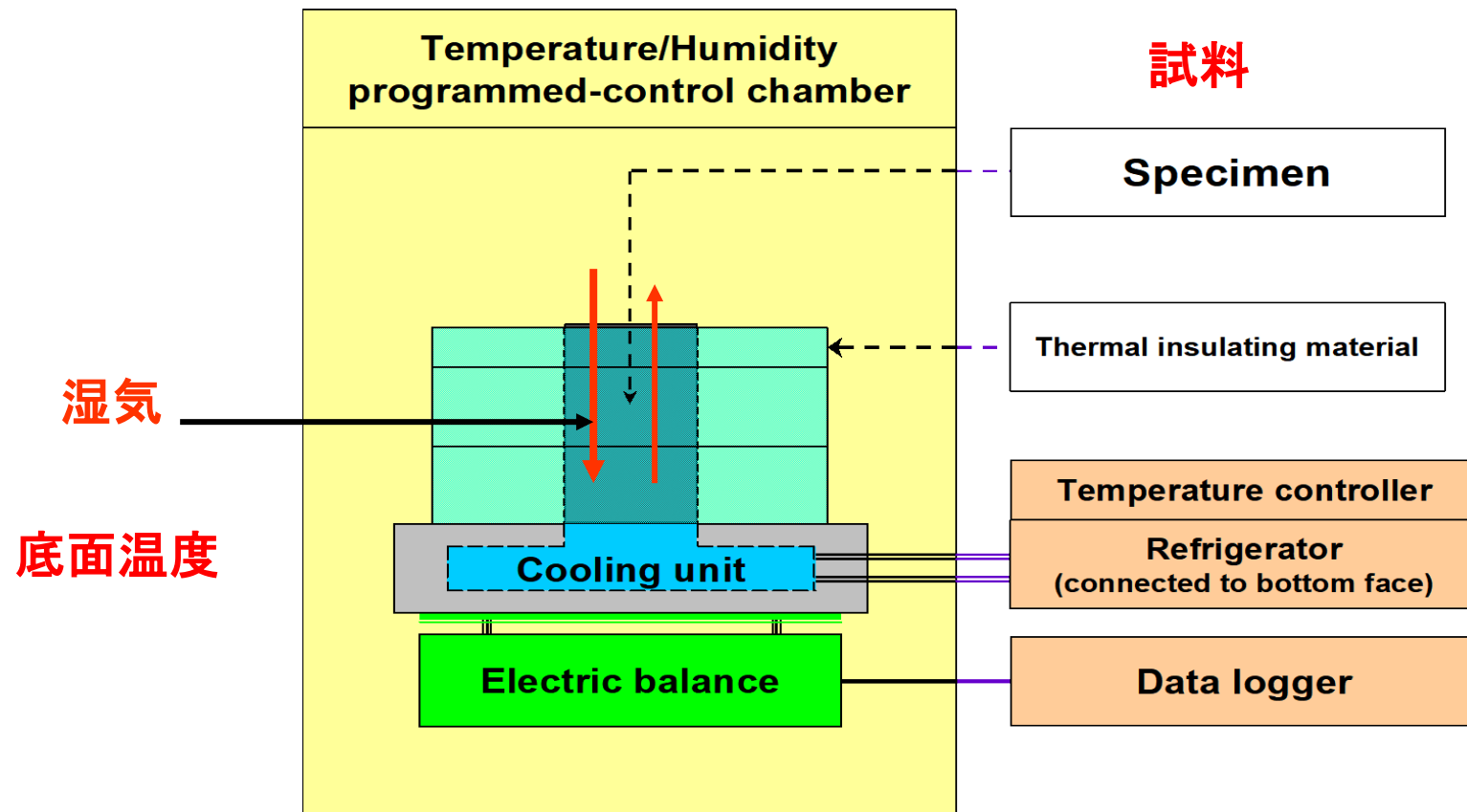
- ・ アスファルト舗装



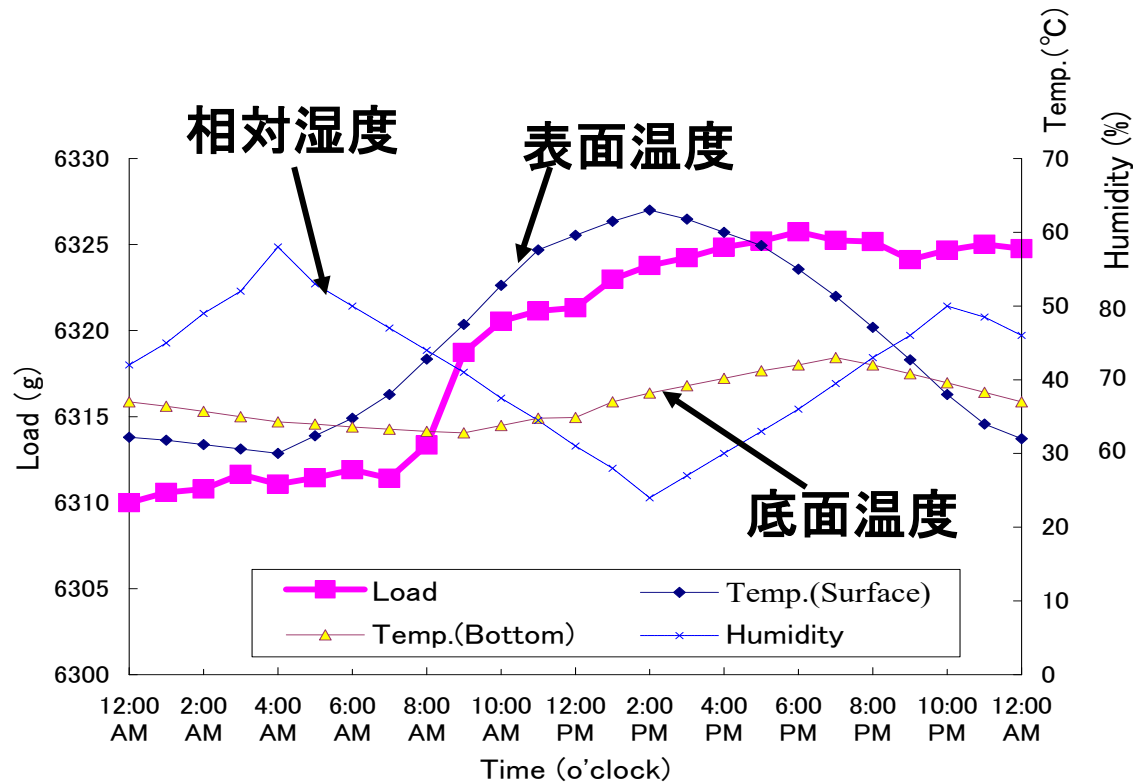
透湿試験

表面温度、相对湿度

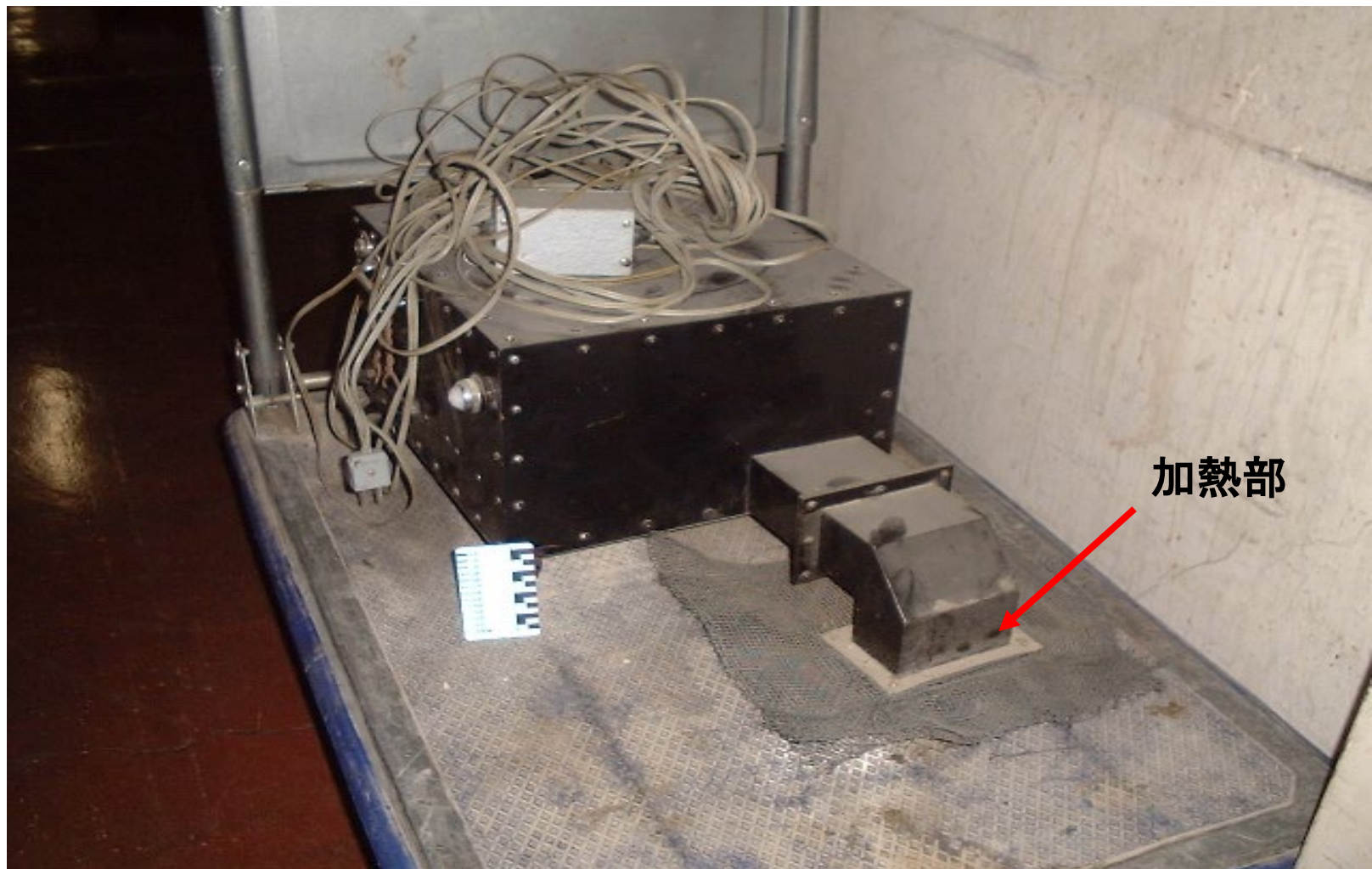
直径10cmx高さ10cm



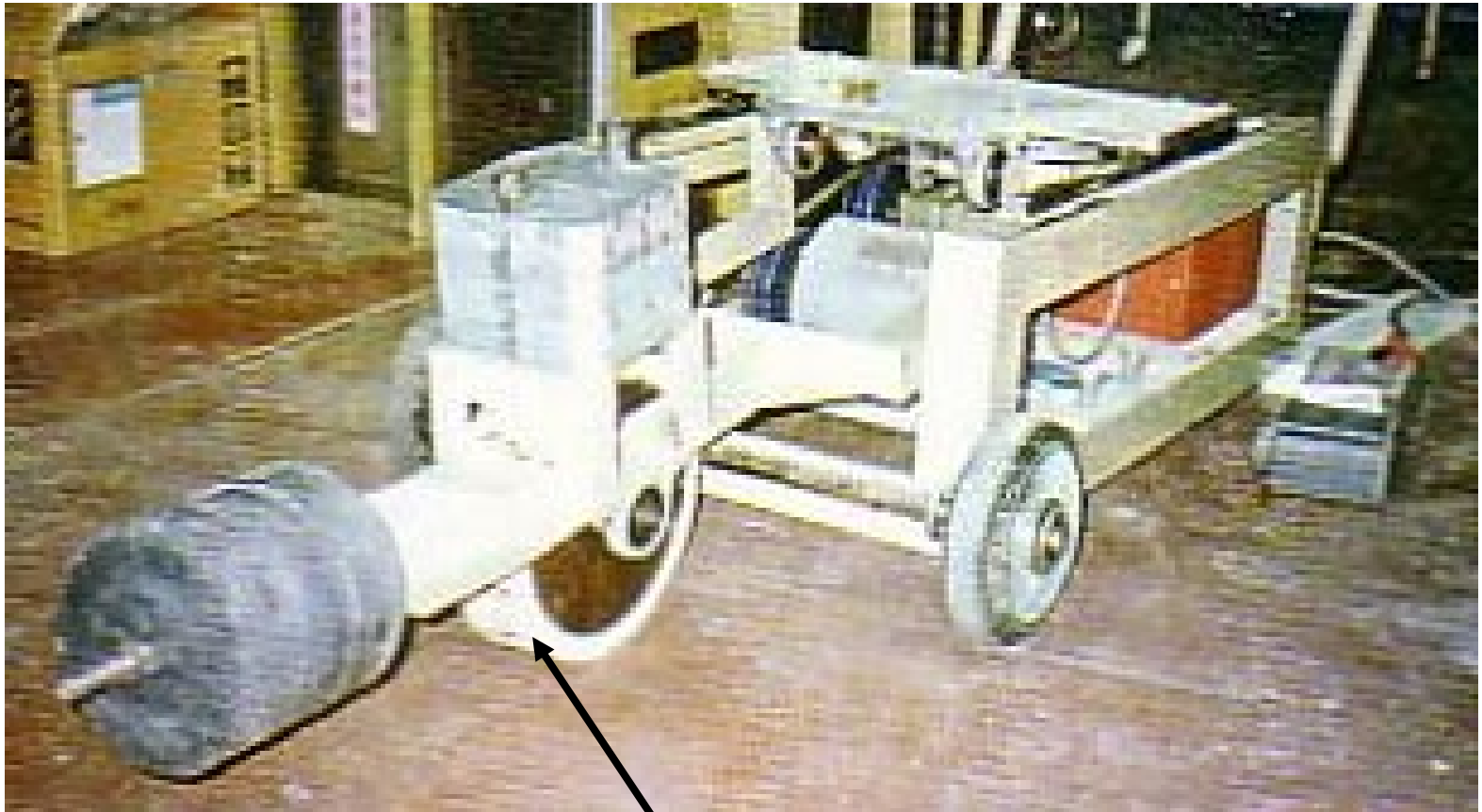
過渡現象の透湿試験(夏)



マイクロ波加熱

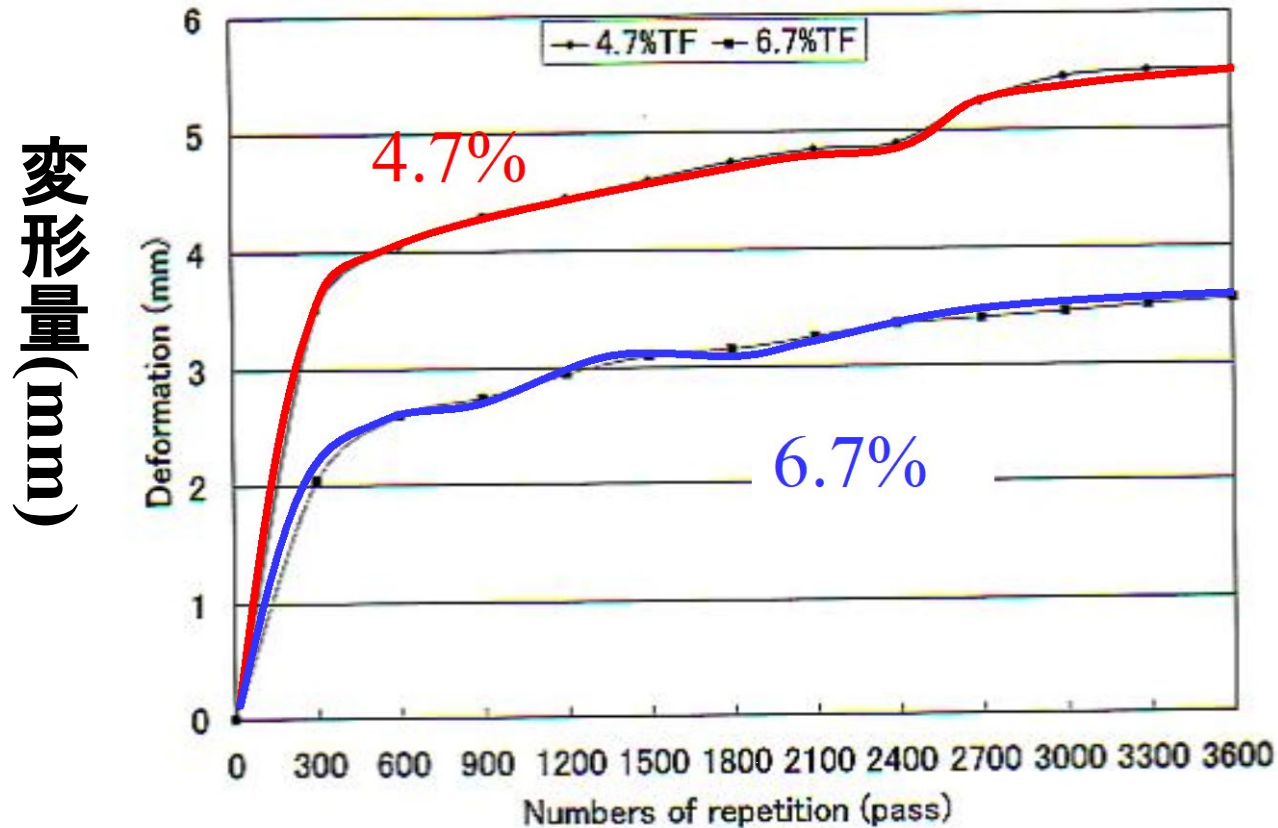


屋外の車両走行試験(WTT)



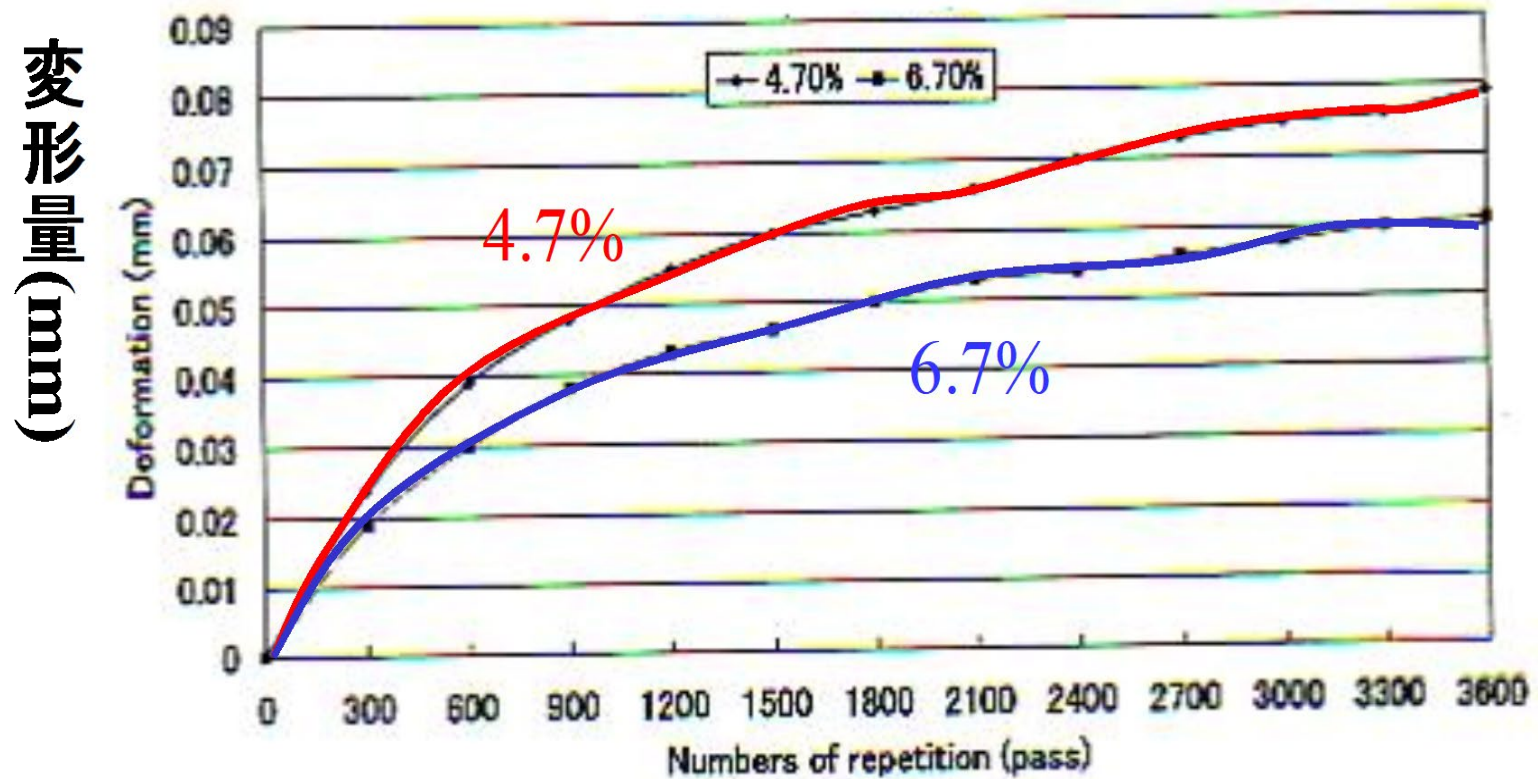
車輪

往復繰り返し走行試験



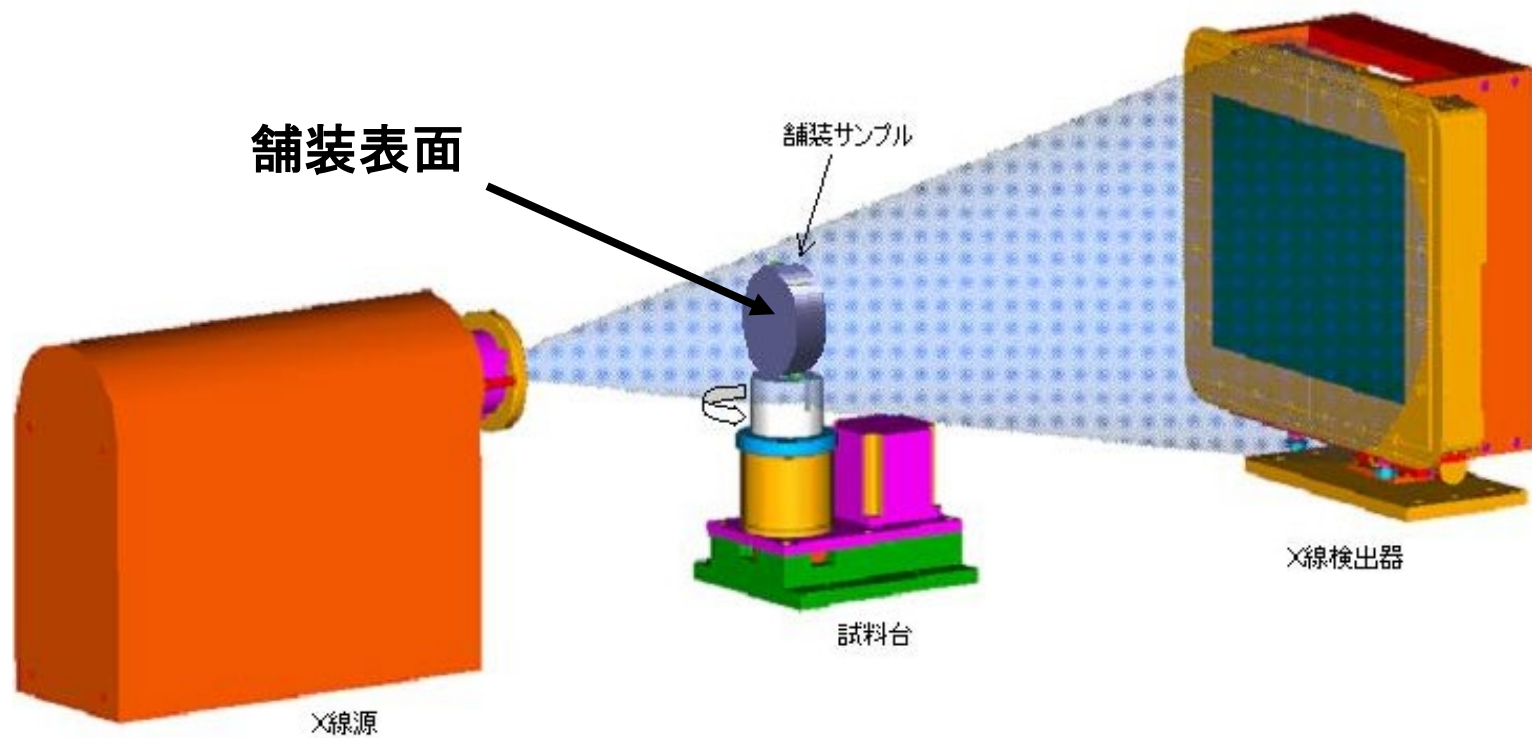
繰り返し回数

垂直繰り返し荷重



繰り返し回数

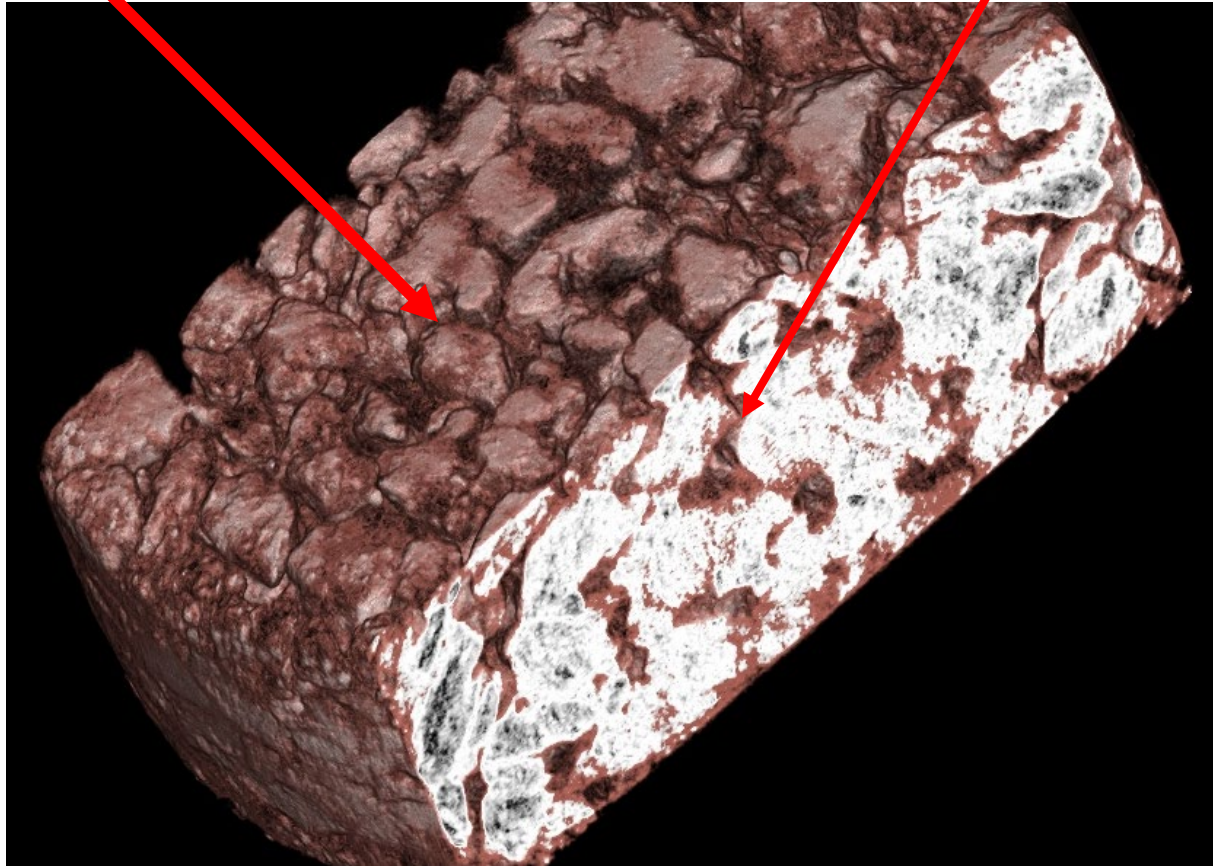
CT スキャン



内部亀裂状況(排水性新設)

舗装表面

亀裂



既設と新設(未供用)

剣淵

表層亀裂

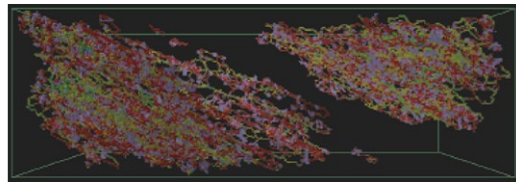
岩見沢

表層:5年

表層

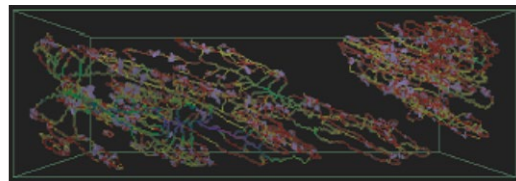


基層

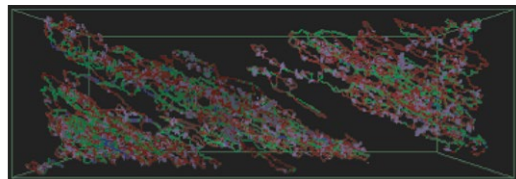


斜め方
向亀裂

アス処理
(上)

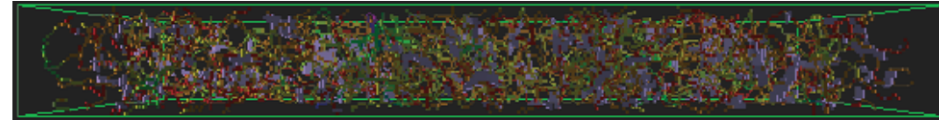


アス処理
(下)

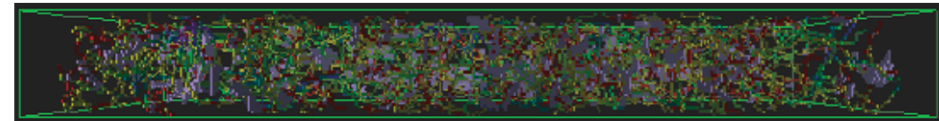


基層以下:10年

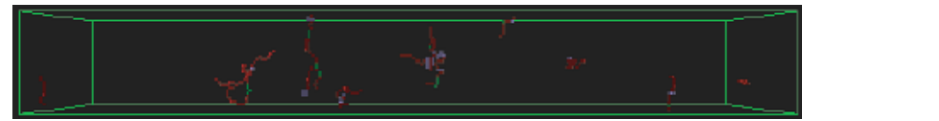
表層
(上)



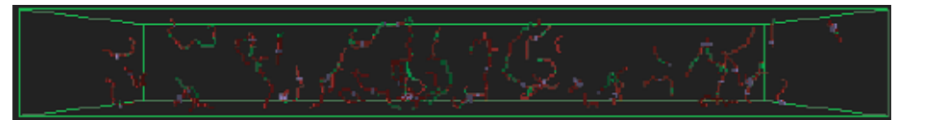
表層
(下)



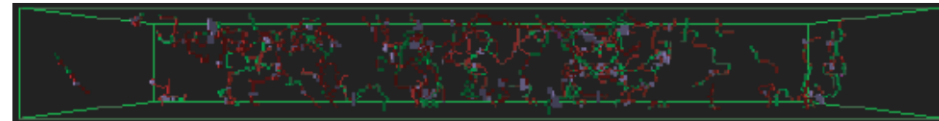
基層
(上)



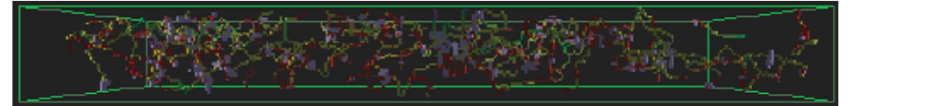
基層
(中)



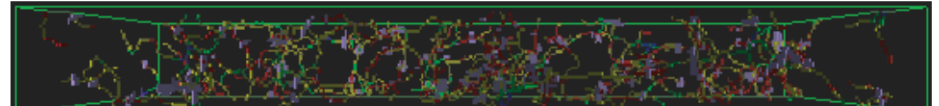
基層
(下)



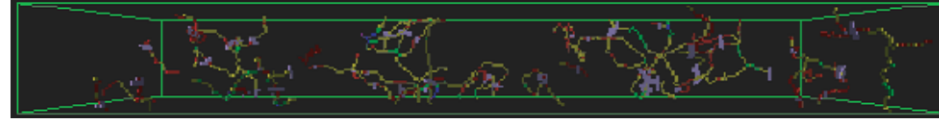
アス処理
(上)



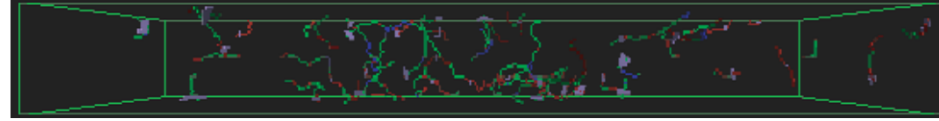
アス処理
(中)



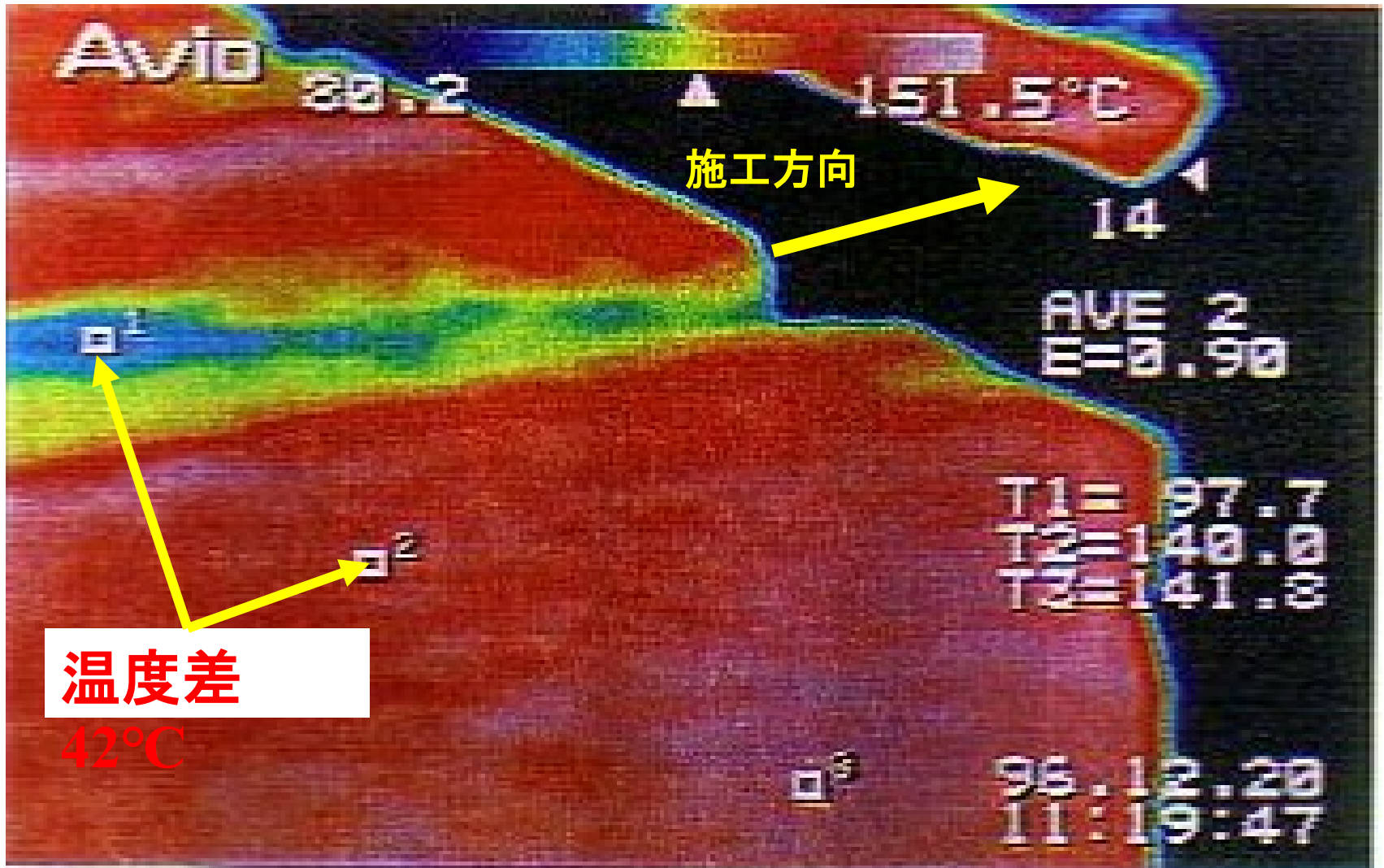
アス処理
(中)



アス処理
(中)

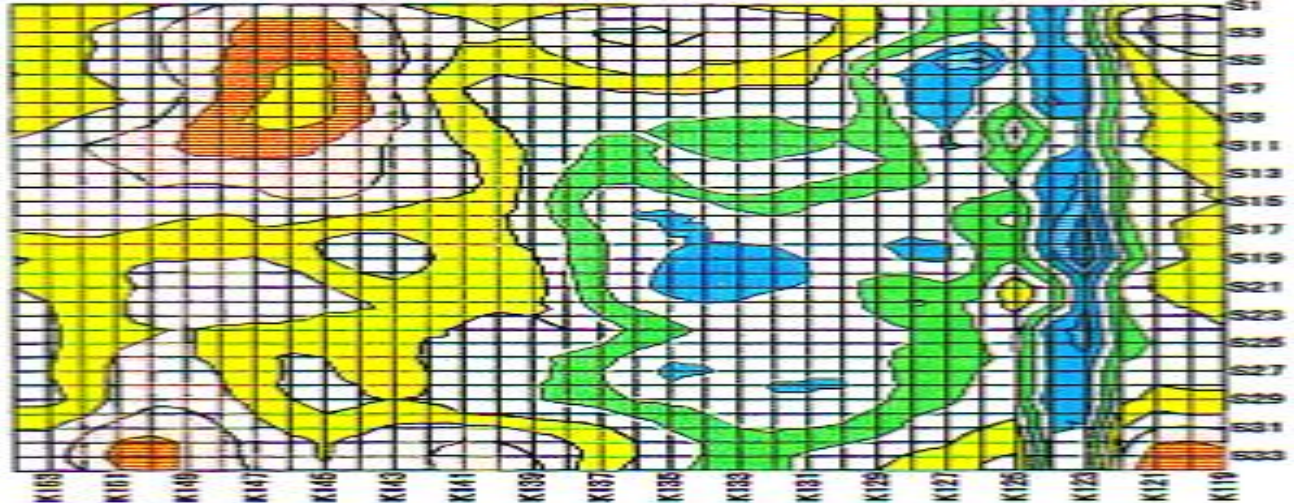


熱画像(施工中)



温度と変形(1車線)

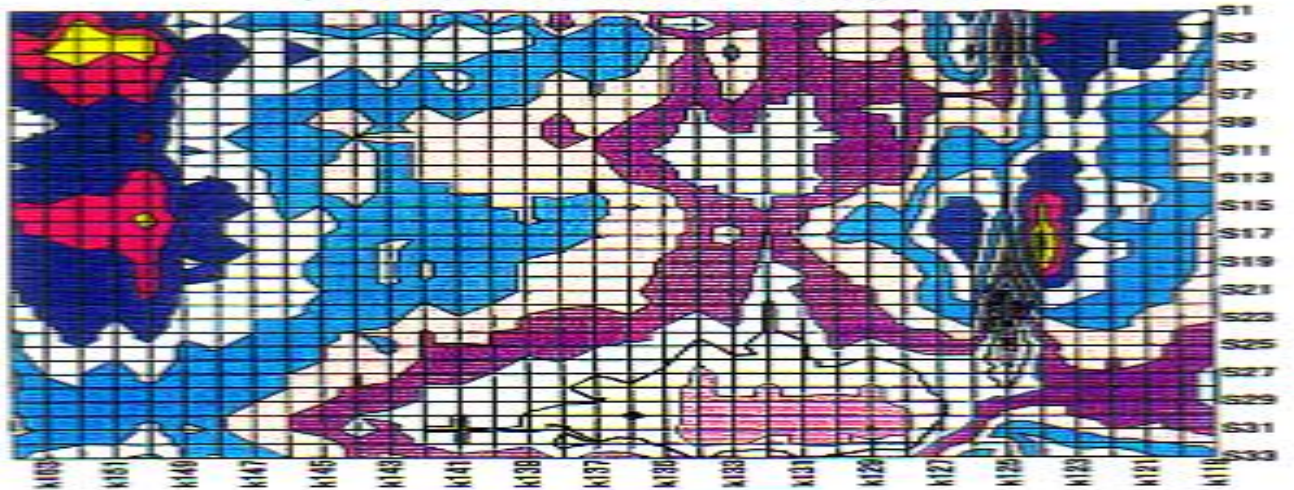
温度分布状況 下りD地点



温度分布

図 5. 18 D工区における転圧後の温度分布

わだち掘れ変形量 下りD地点



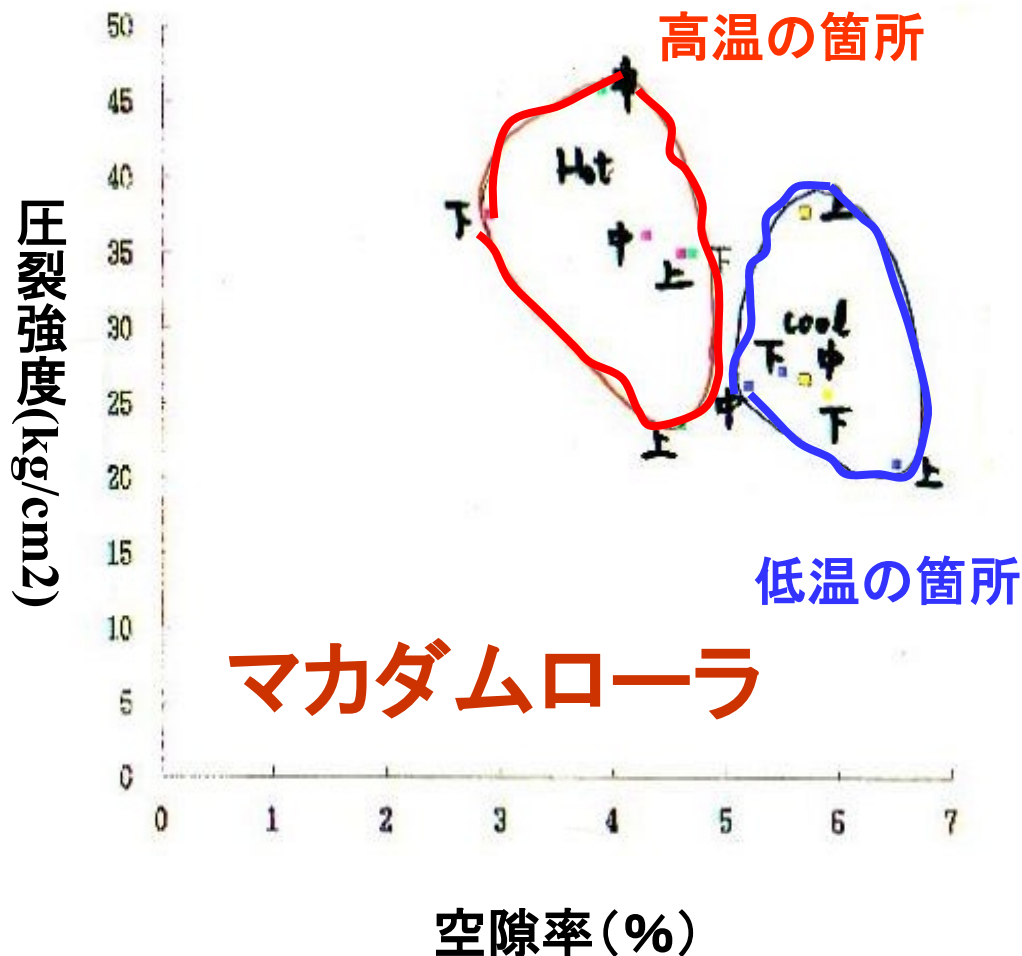
10x10cm

表面変形分布

施工後3年 図 5. 19 D工区における相对凹凸量の分布

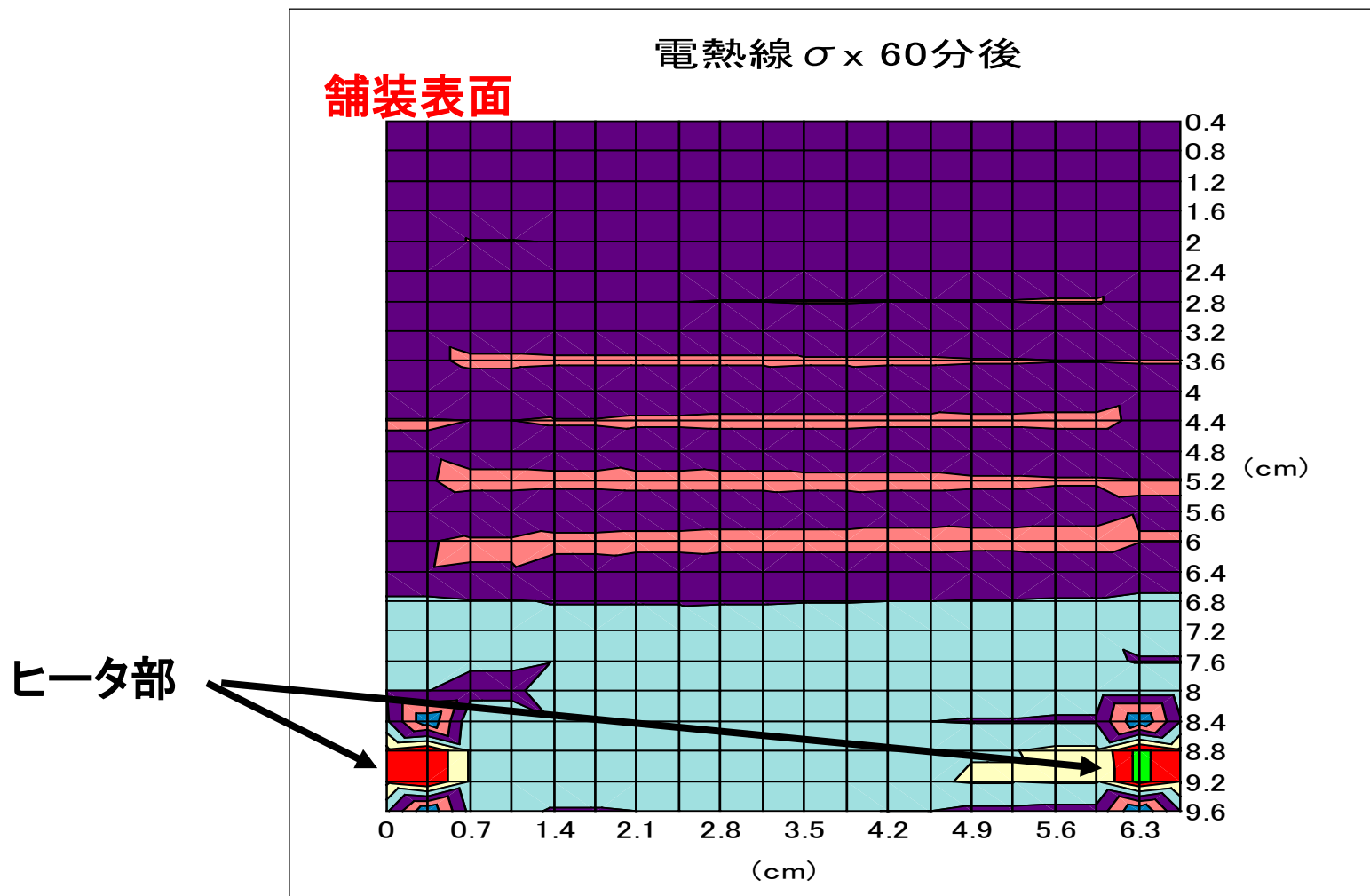
空隙と低温圧裂強度(冬季)

試験温度: -25°C



熱応力解析

ロードヒーティング

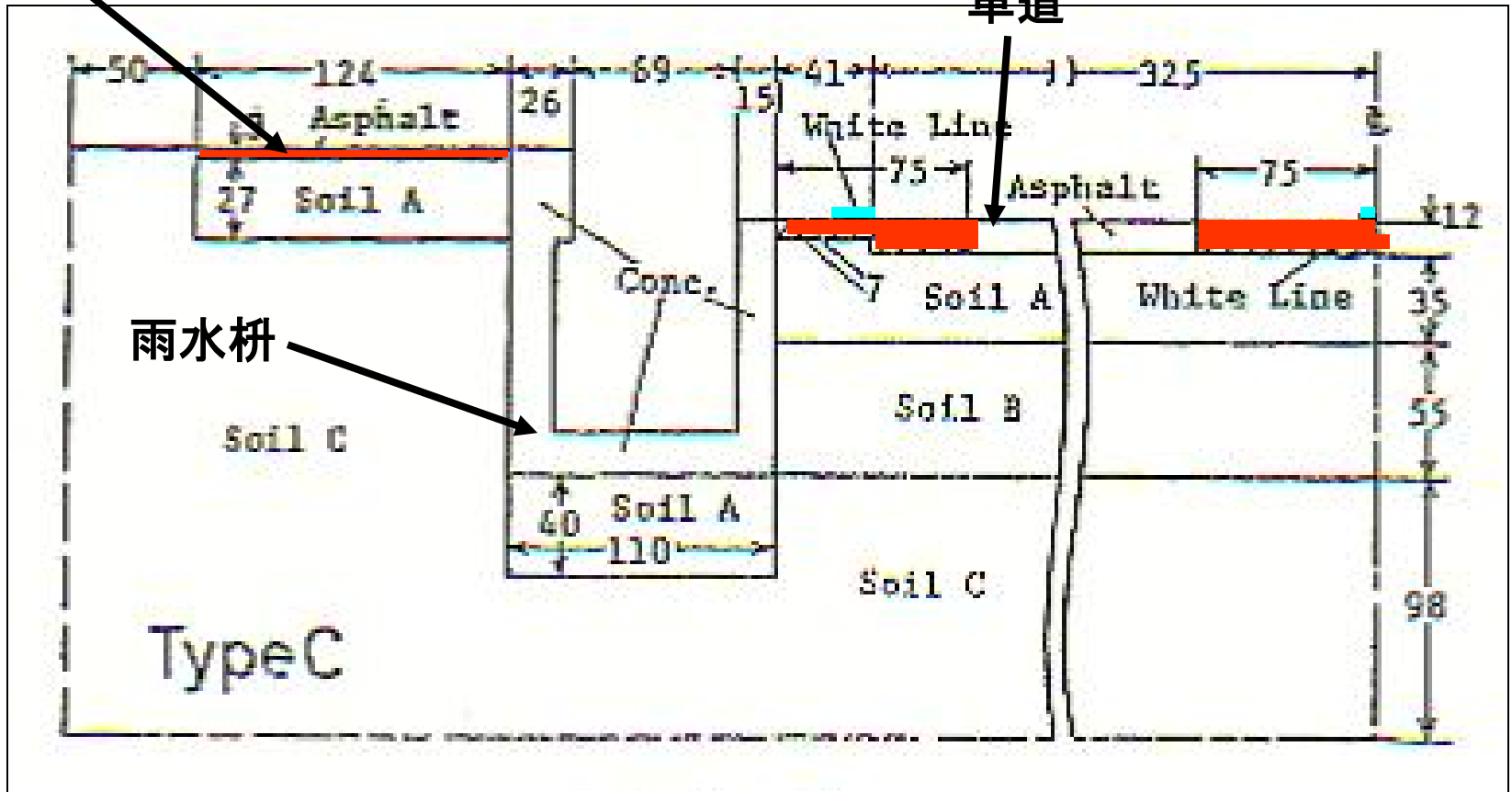


舗装構造の熱応力解析

歩道

車道

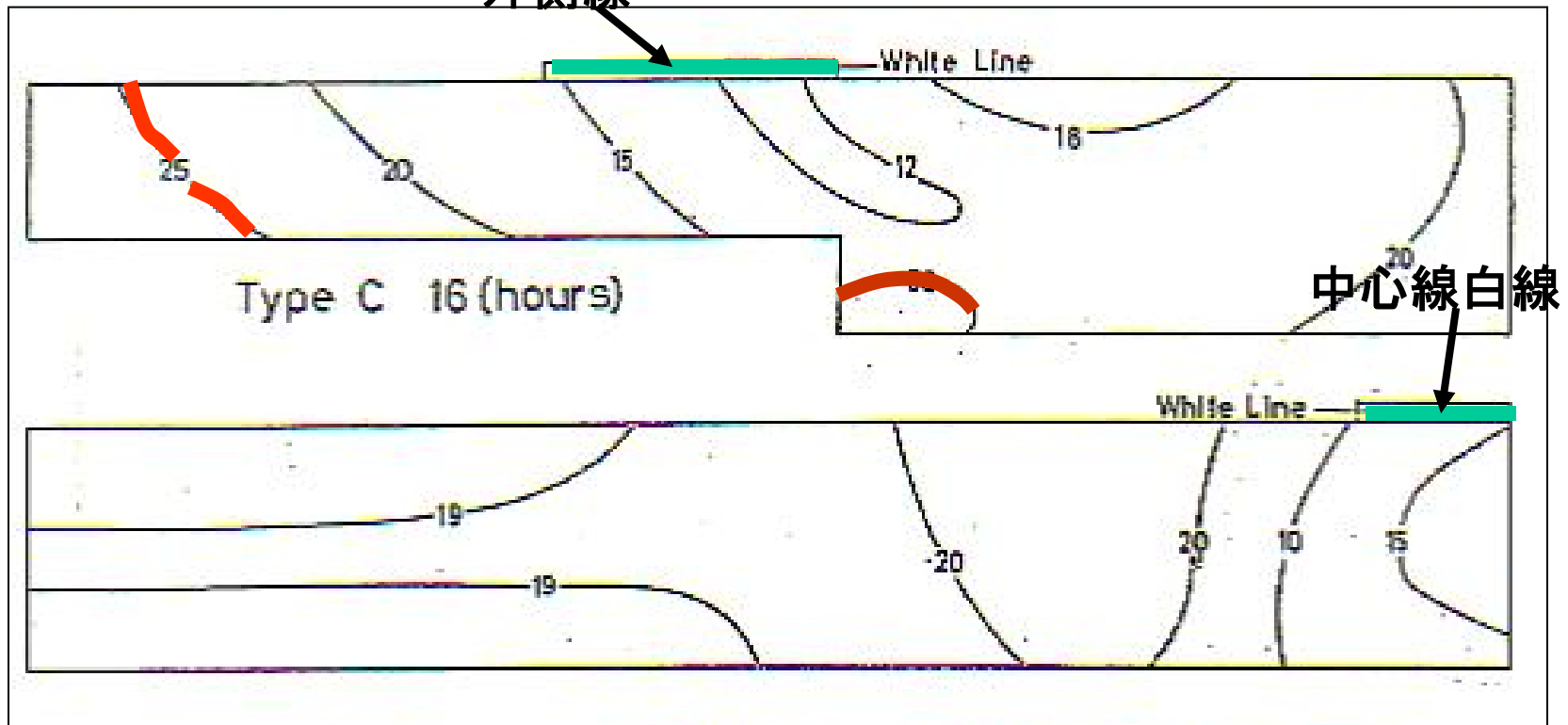
雨水枡



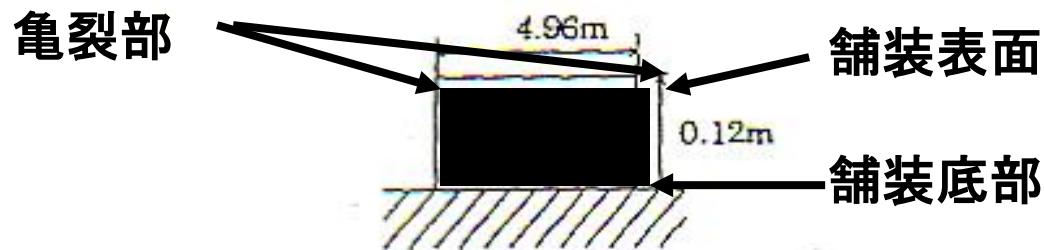
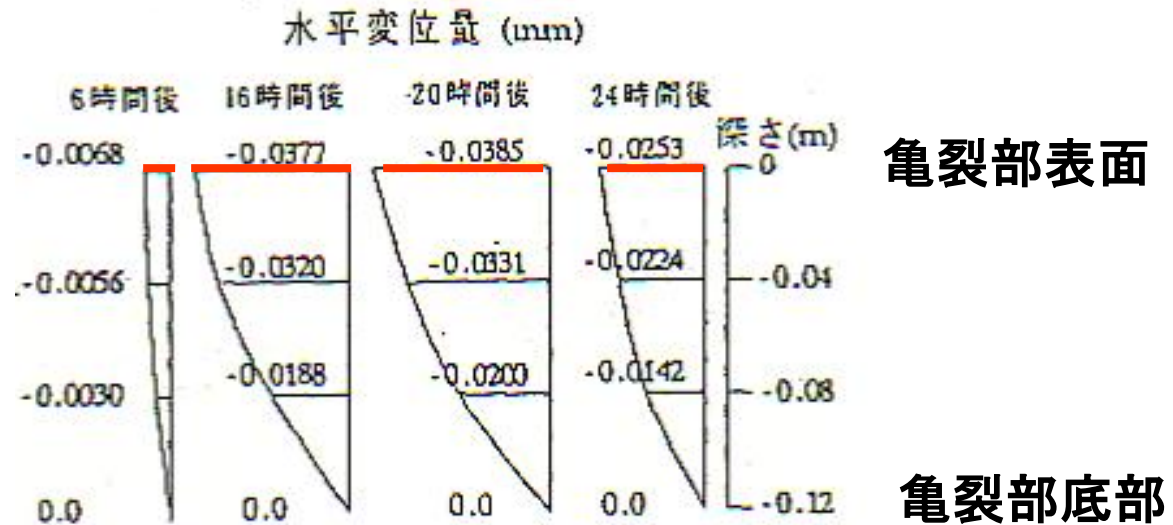
車道部の舗装中の熱応力

(kg/cm²)

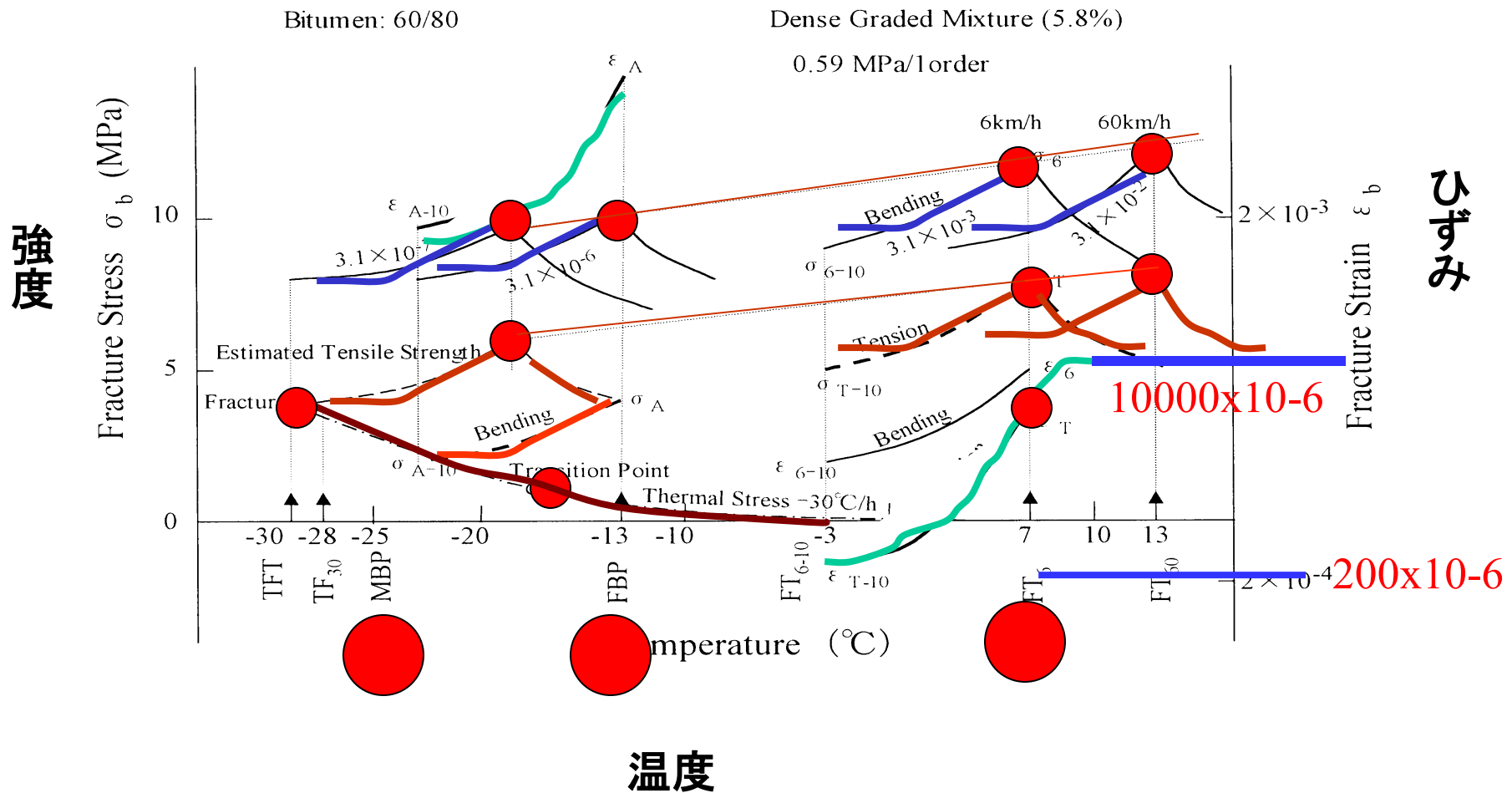
外側線



舗装の亀裂部の開き

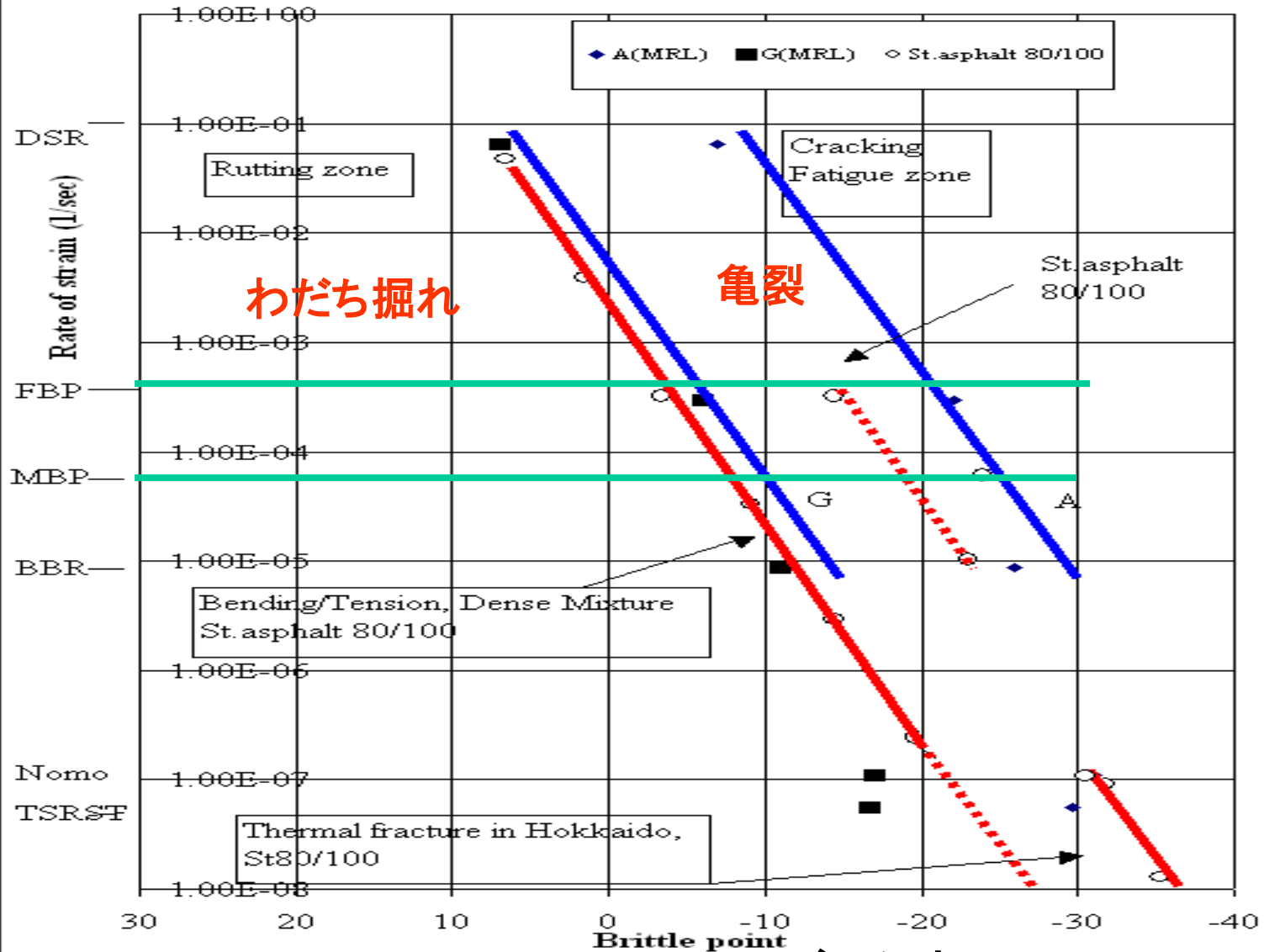
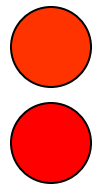


アスファルトと混合物との関係



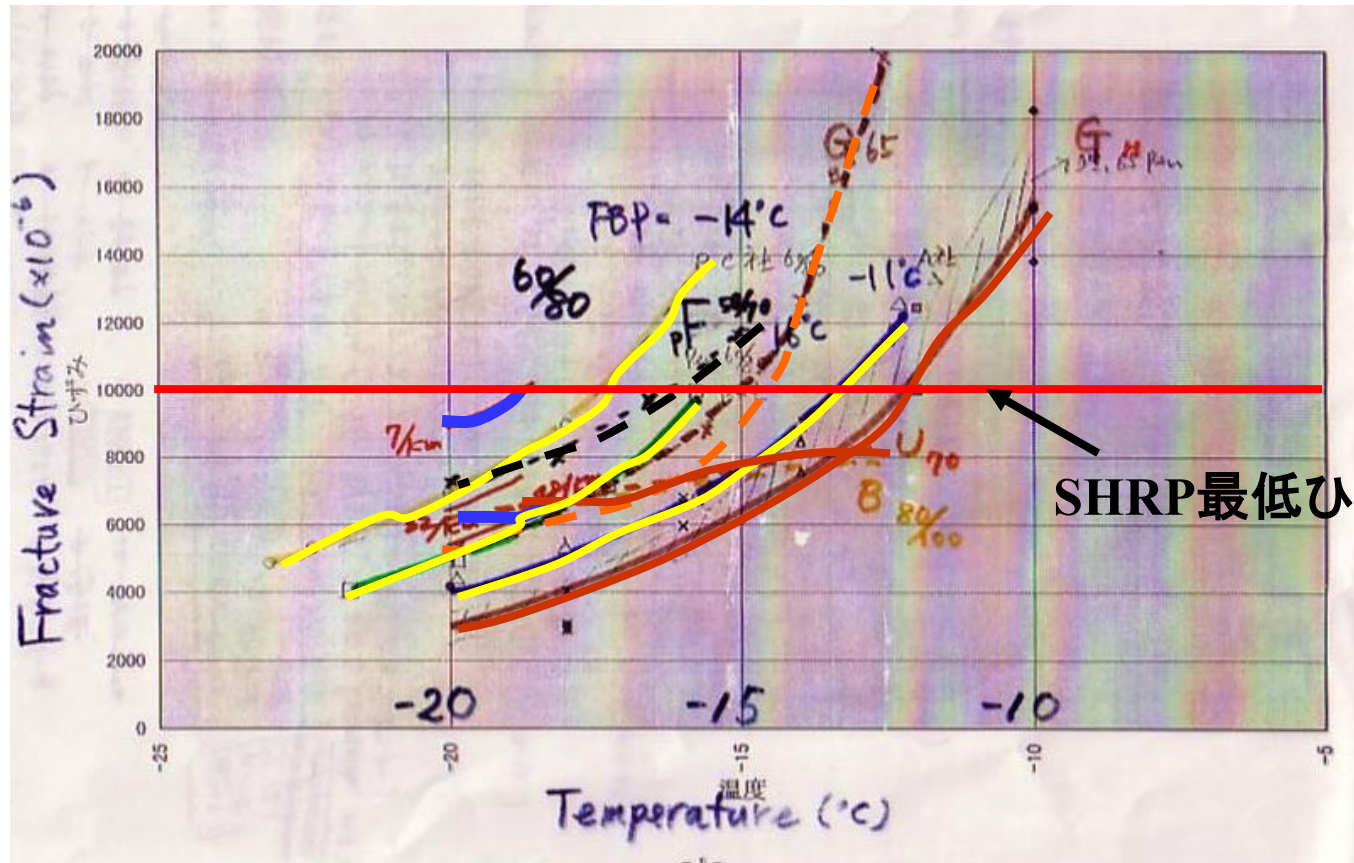
ひずみ速度とぜい化点

ひずみ速度



外国のアスファルトとの比較

ひずみ



温度($^{\circ}\text{C}$)

瀝青系新素材

- アクアファルト
- 水中硬化、不透水、荷重分散、振動吸収、
- アスファルト乳剤系、
- サムアスファ
- 2液性、常温注入型、アスファルト乳剤系、厚膜硬化型

サムアスファ施工図



縦亀裂にサムアスファ注入の状況

水中での硬化の状況

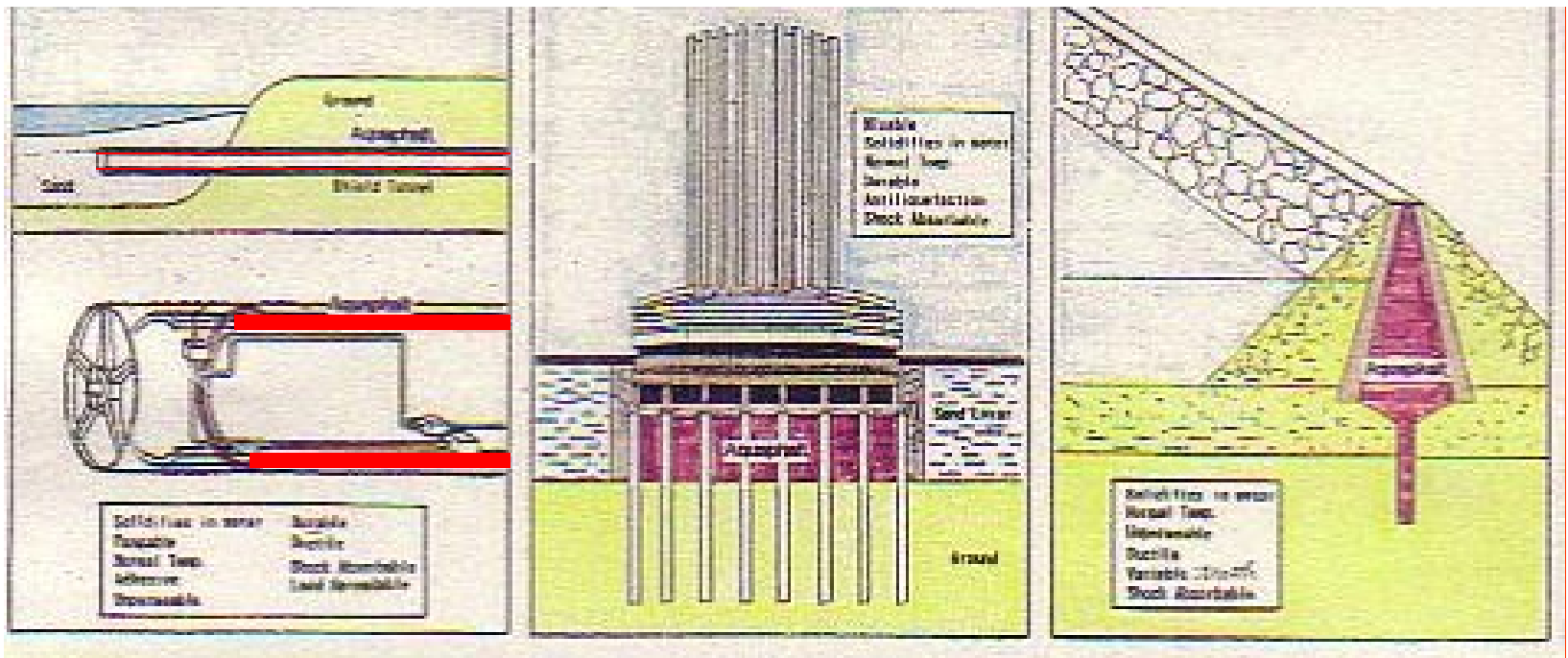


トンネルの裏込め材

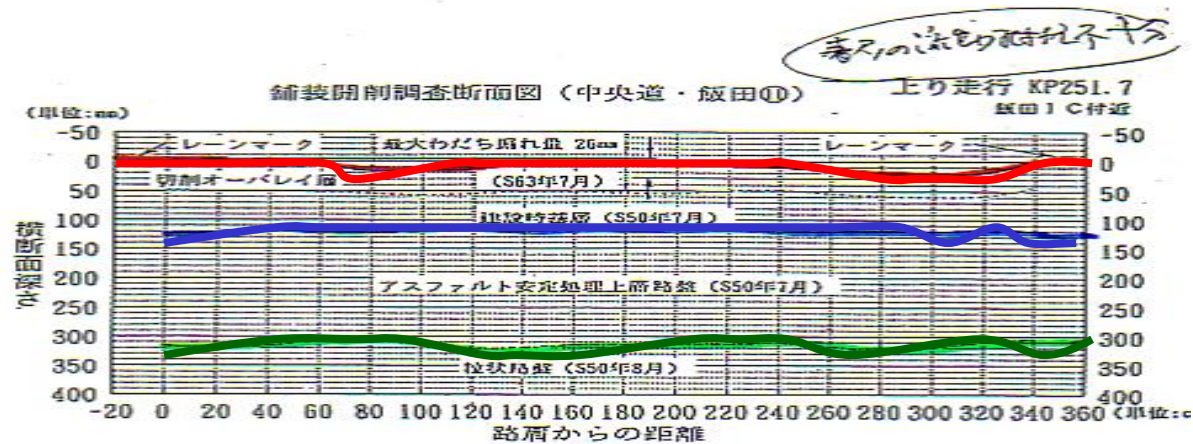
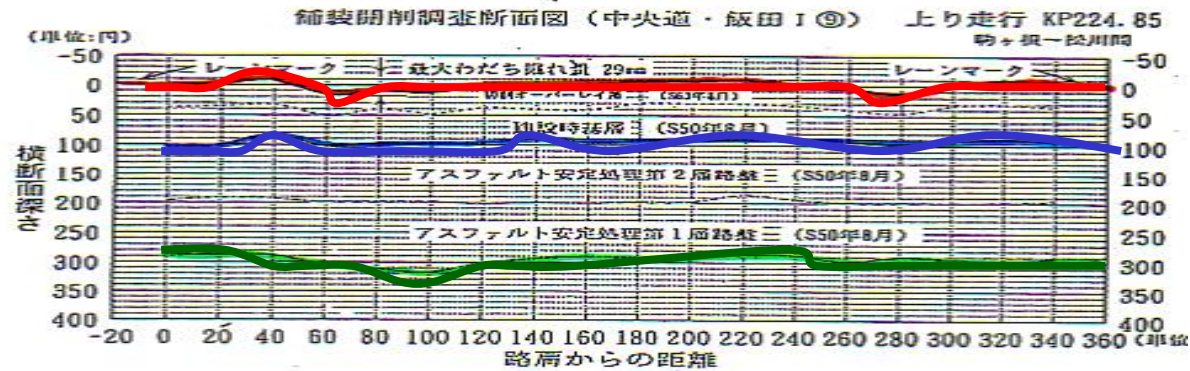


シールドトンネルの裏込め材施工1年後の状況

アクアファルトの応用例



2工区の粒状層の変形



粗い粒度の路盤

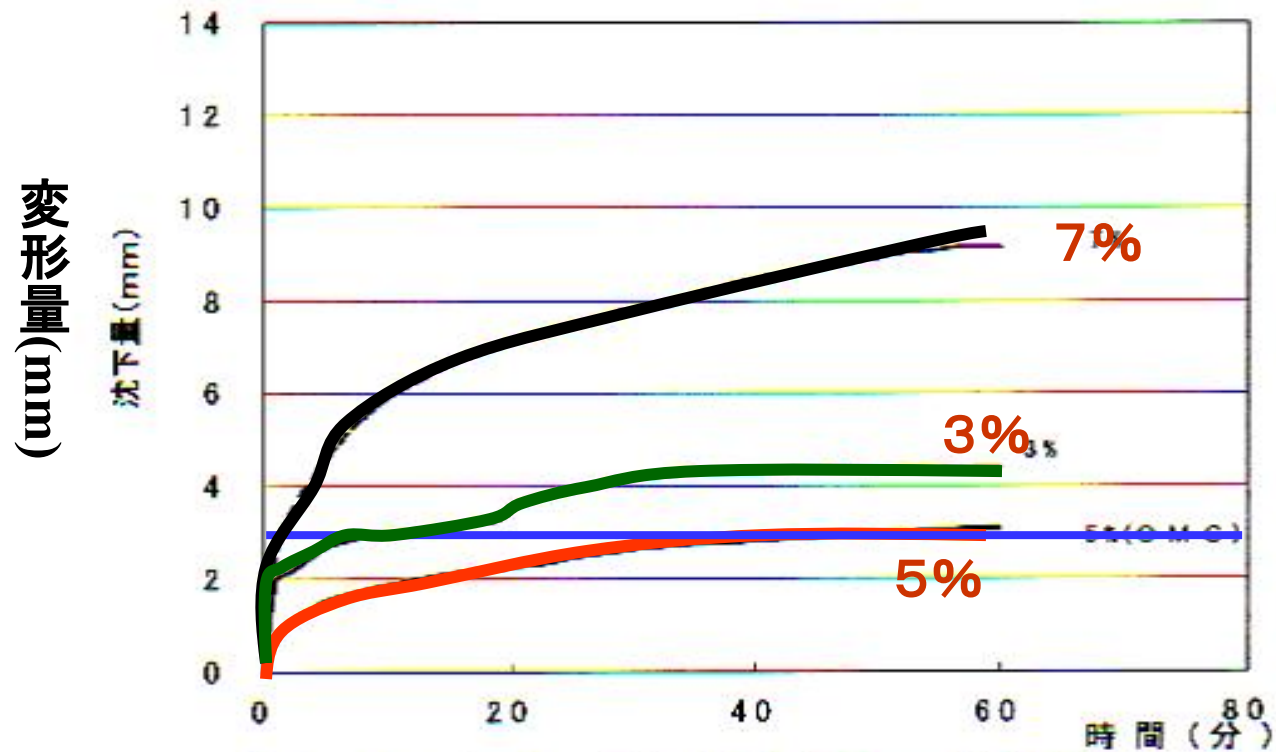


図 4 - 4 - 1 C - 40 の沈下量 ~ 時間曲線

時間(分)

細かい粒度の路盤

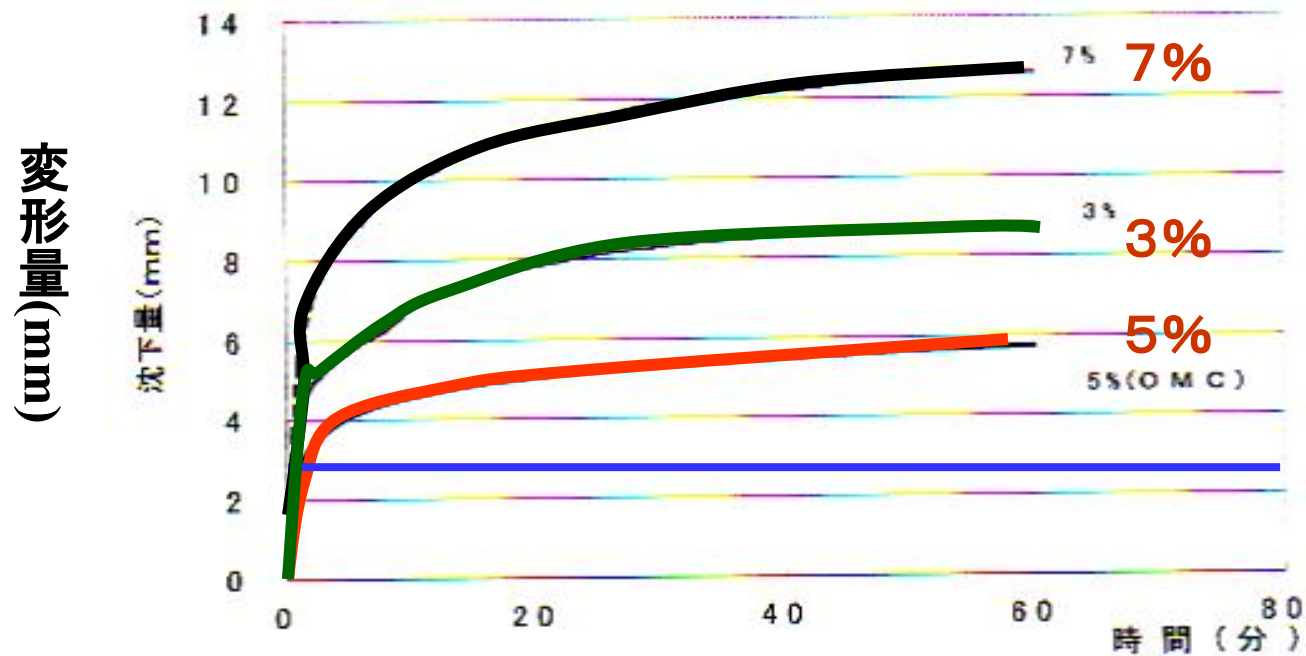


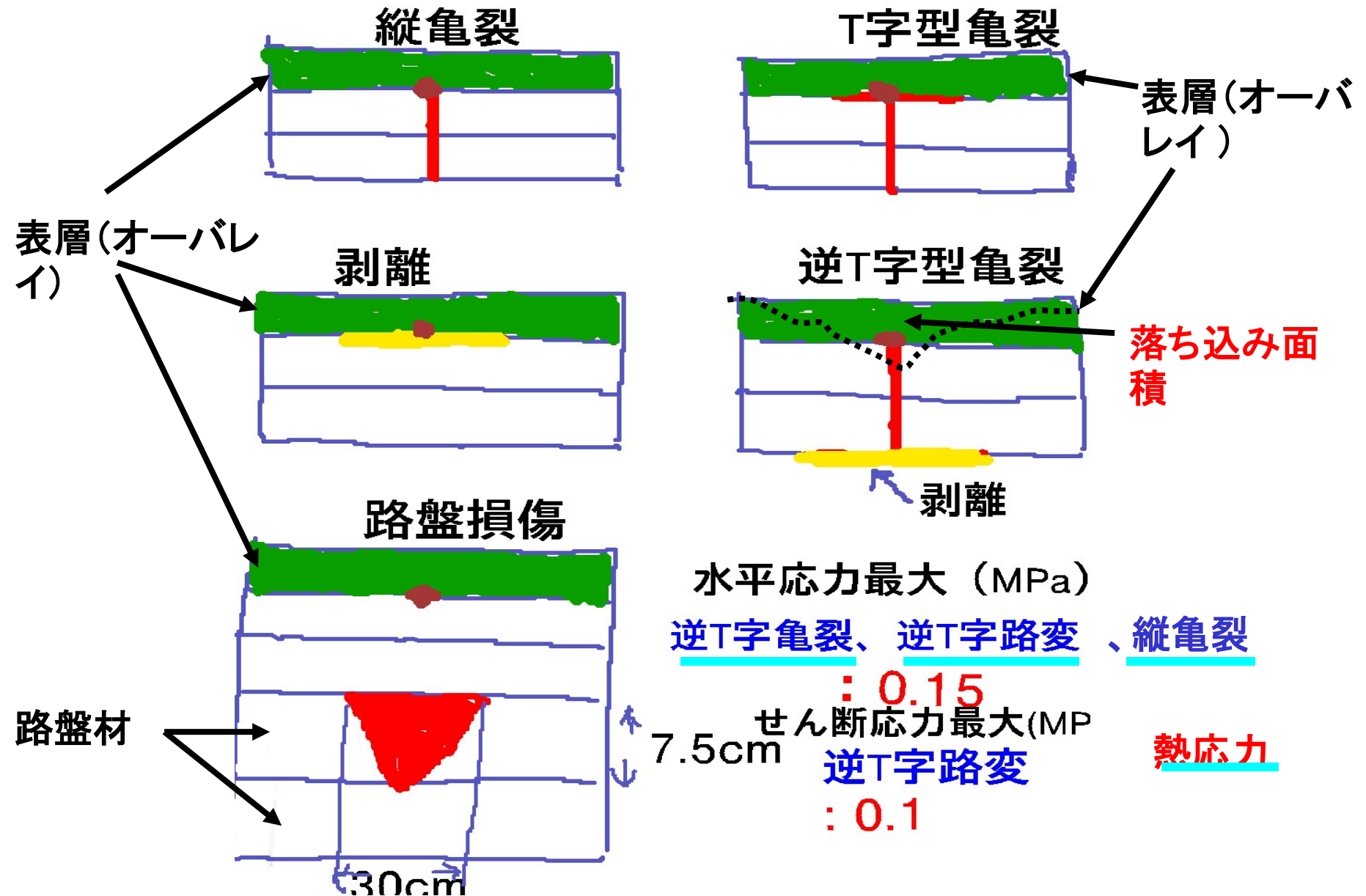
図 4 - 4 - 2 M - 40 の 沈 下 量 ~ 時 間 曲 線

時間(分)

既設舗装の損傷の対策

- 既設舗装
- わだち掘れ 試料採取（CT）打換深決定
- 再舗装
- 亀裂 落ち込み面積大
- 路盤打ち換え
- オーバーレイ
- 落ち込み面積小
- オーバーレイ

リフレクションクラックのモデル



低温亀裂

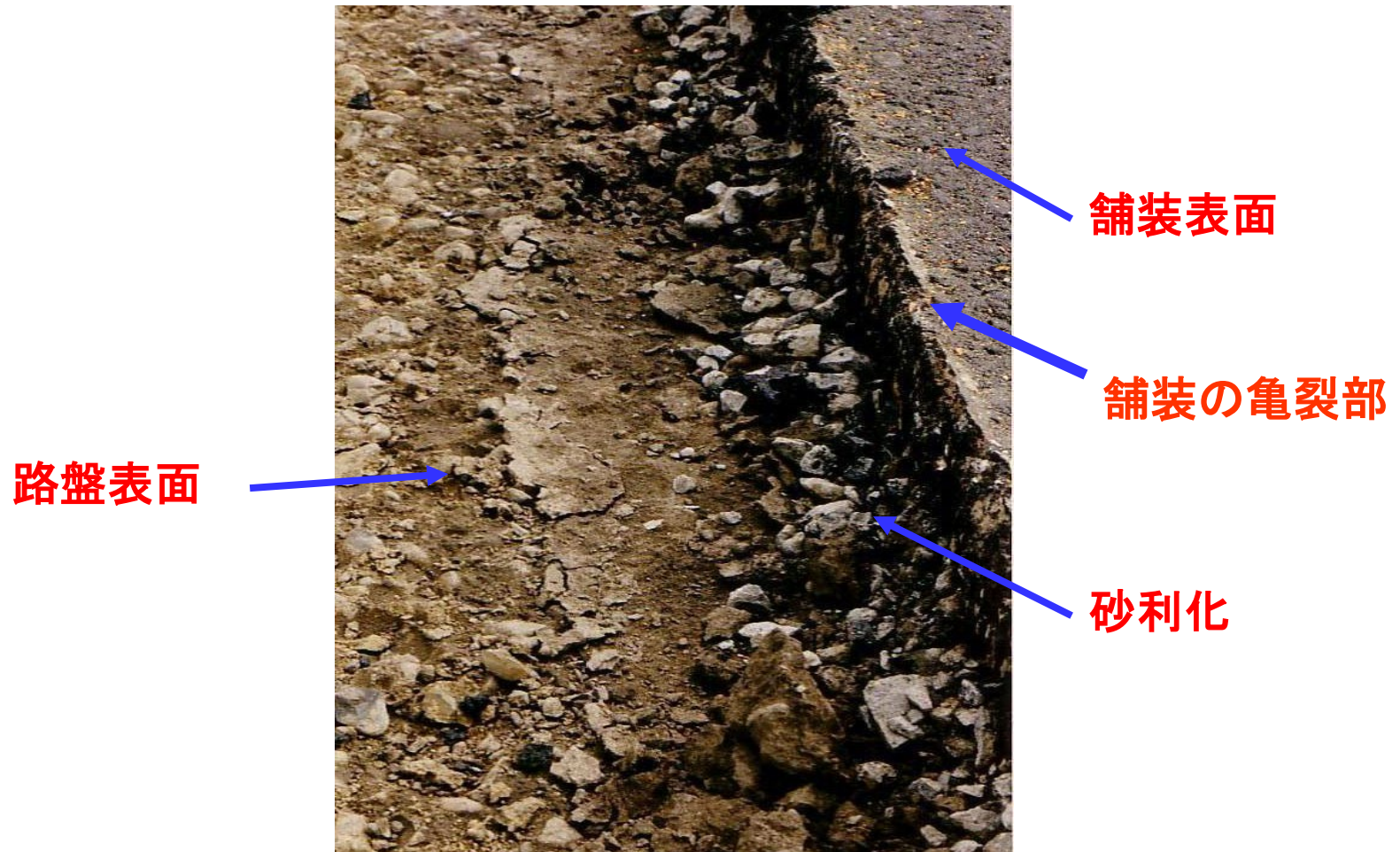


路盤の線状のアスファルト

低温 亀裂



アスファルト層下部の砂利化



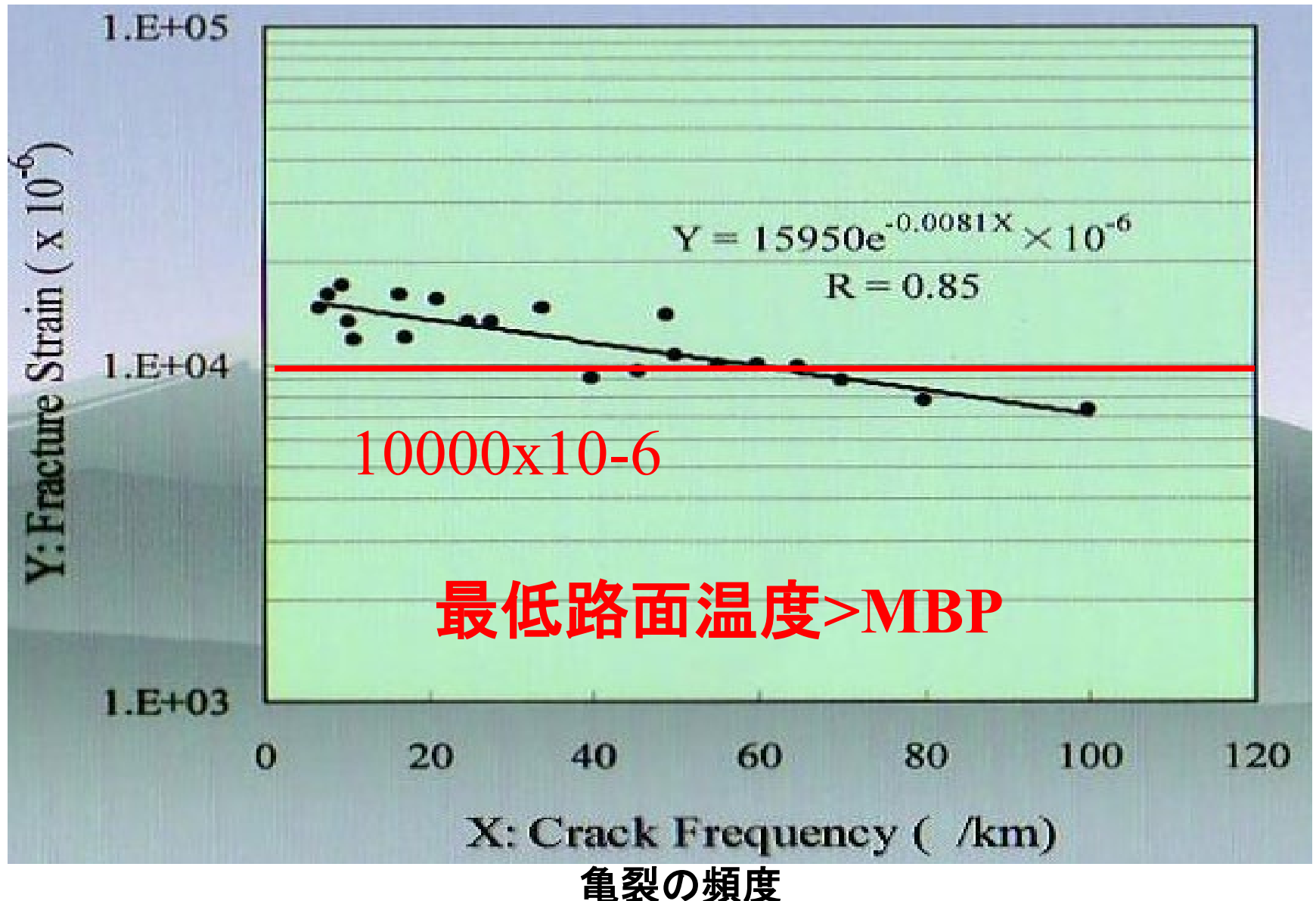
昭和48年の亀裂



昭和53年の舗装(5年後)

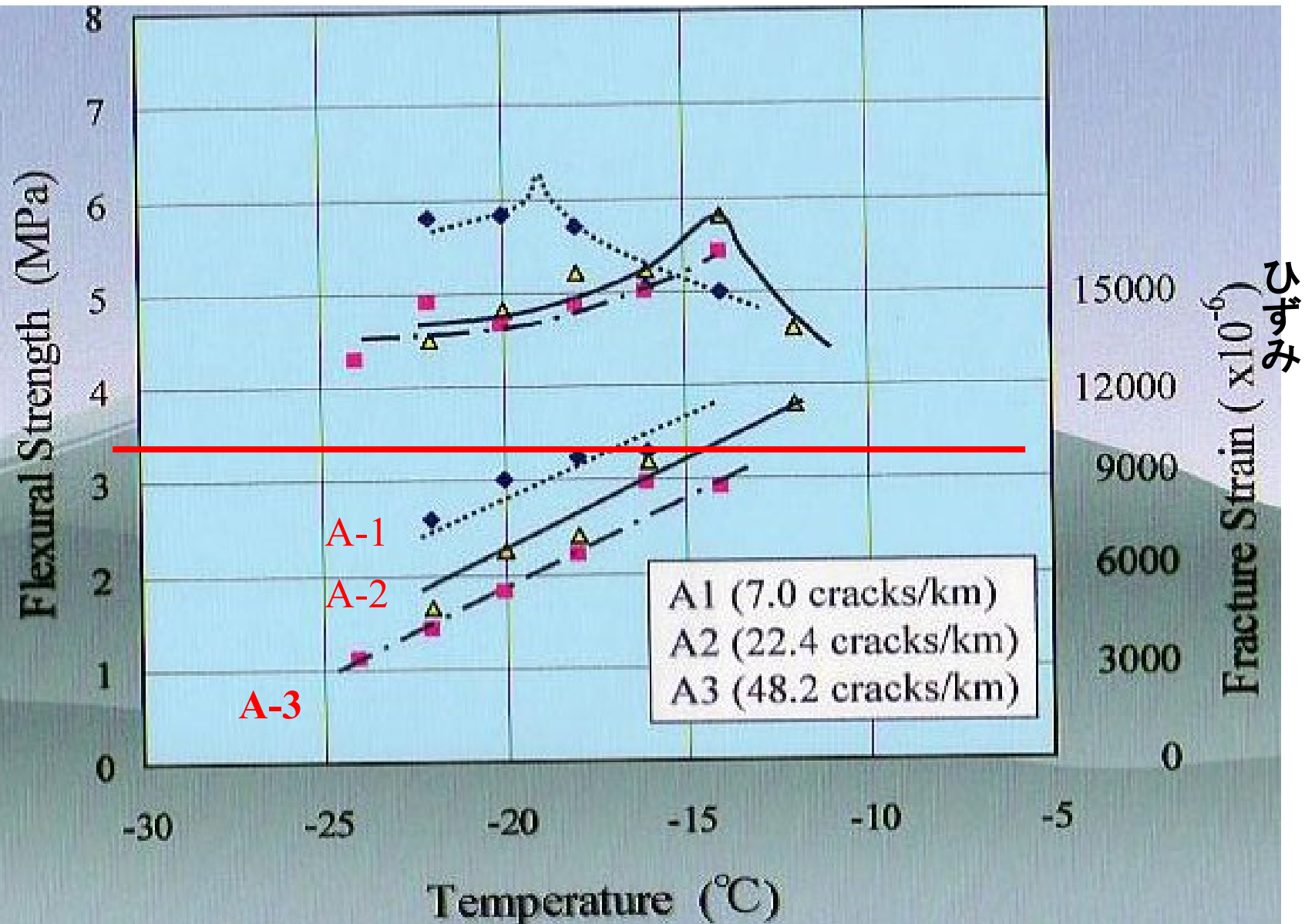


ひずみと亀裂間隔(現場採取)



アスファルトのひずみの違い

強度



ひずみ

アスファルトの性状の変動 (プラント別,3日毎)

プラント1

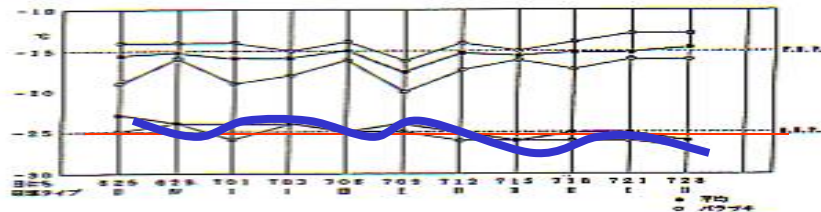


図-2 Type Bのアスファルトでの脆化点試験結果
(薄膜加熱前) (プラント1)

-23--

26°C

2,4,1,1,3,1,2,2,2,1,2

3,2,1,1,2,2,2,1,2,2,4

プラント2

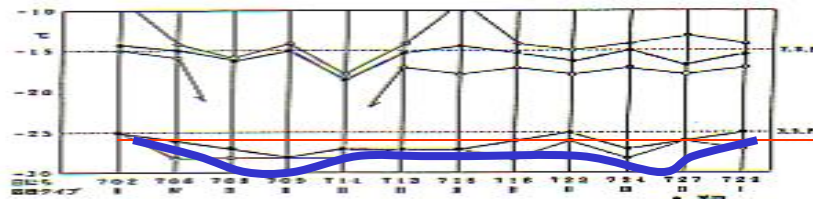


図-3 Type Cのアスファルトでの脆化点試験結果
(薄膜加熱前) (プラント2)

-25--

28°C

2,4,2,2,2,2,2,2,2,3,2

プラント3

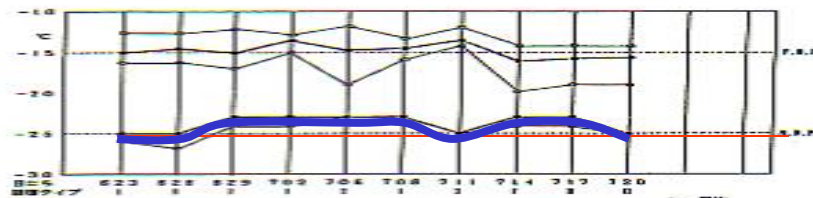


図-4 Type Dのアスファルトでの脆化点試験結果
(薄膜加熱前) (プラント3)

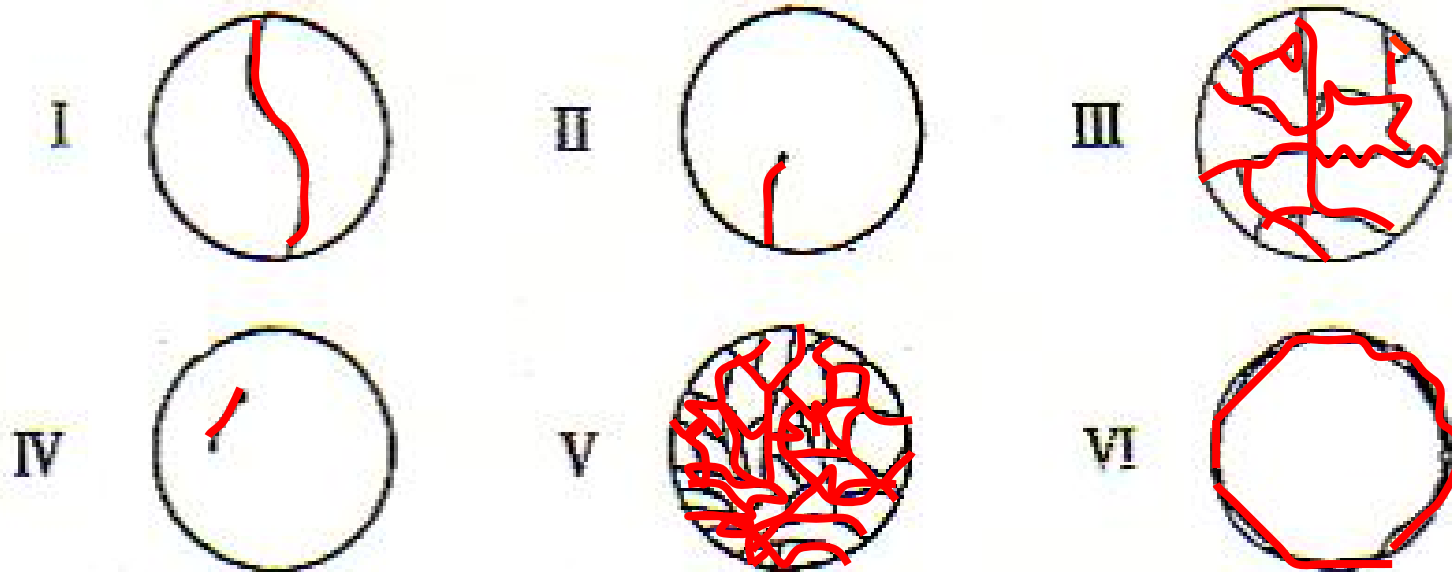
-23--

25°C

1,1,1,1,1,1,1,1,2,2

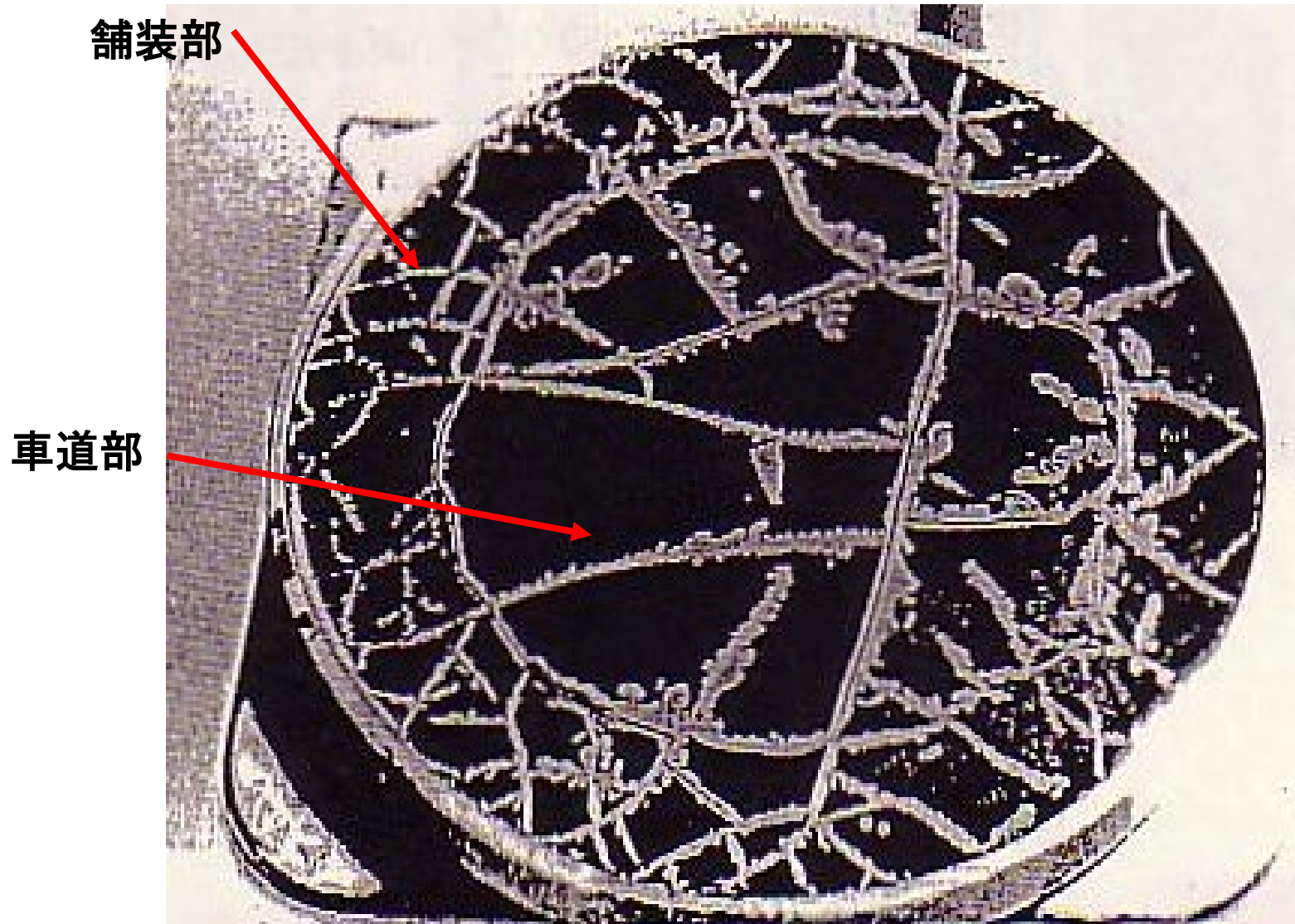
1.3.1,1,1,1,1,1,1,1

アスファルトの亀裂形状

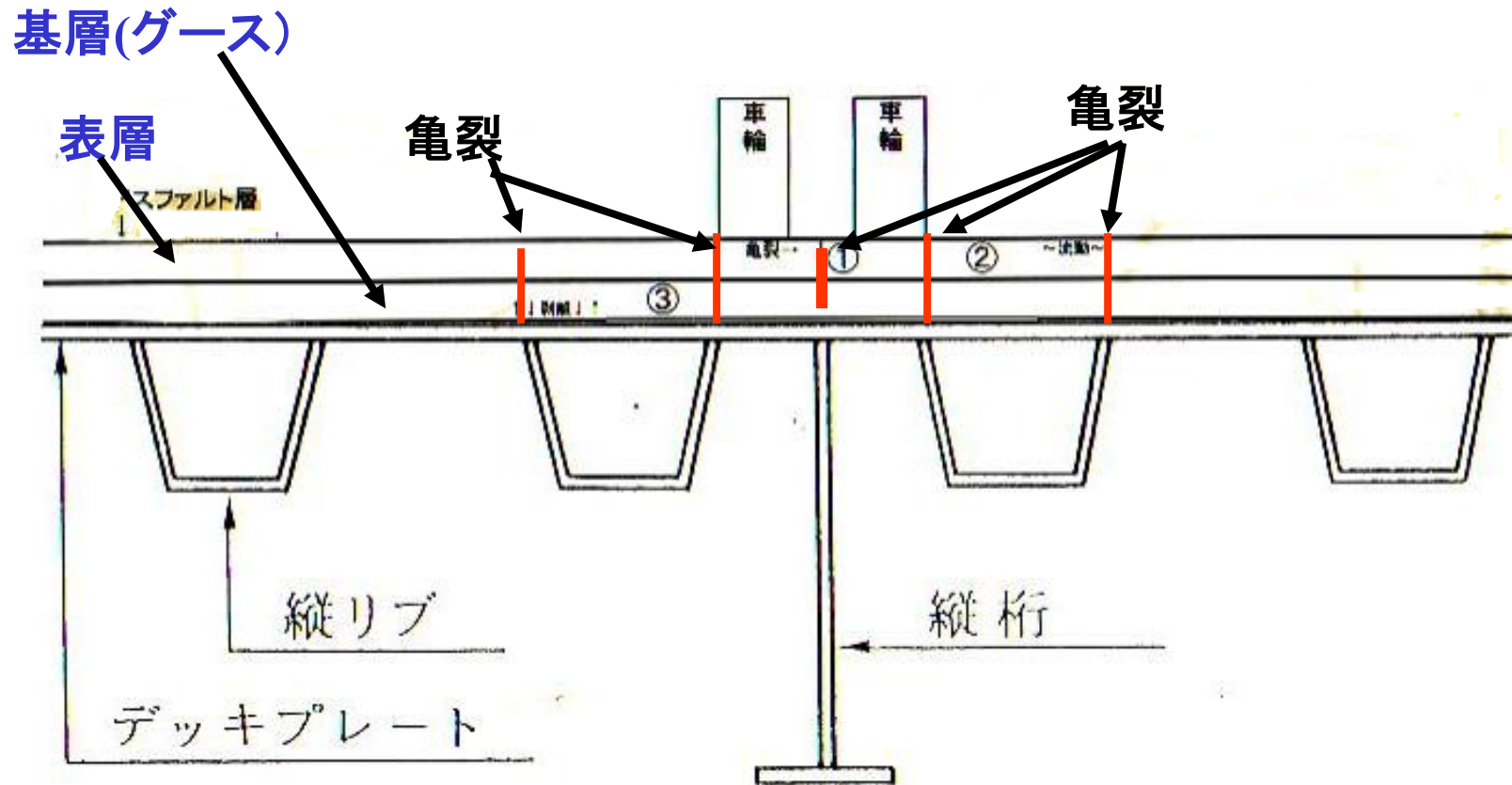


図—1 亀裂の形状のタイプ分け

歩道と車道の亀裂

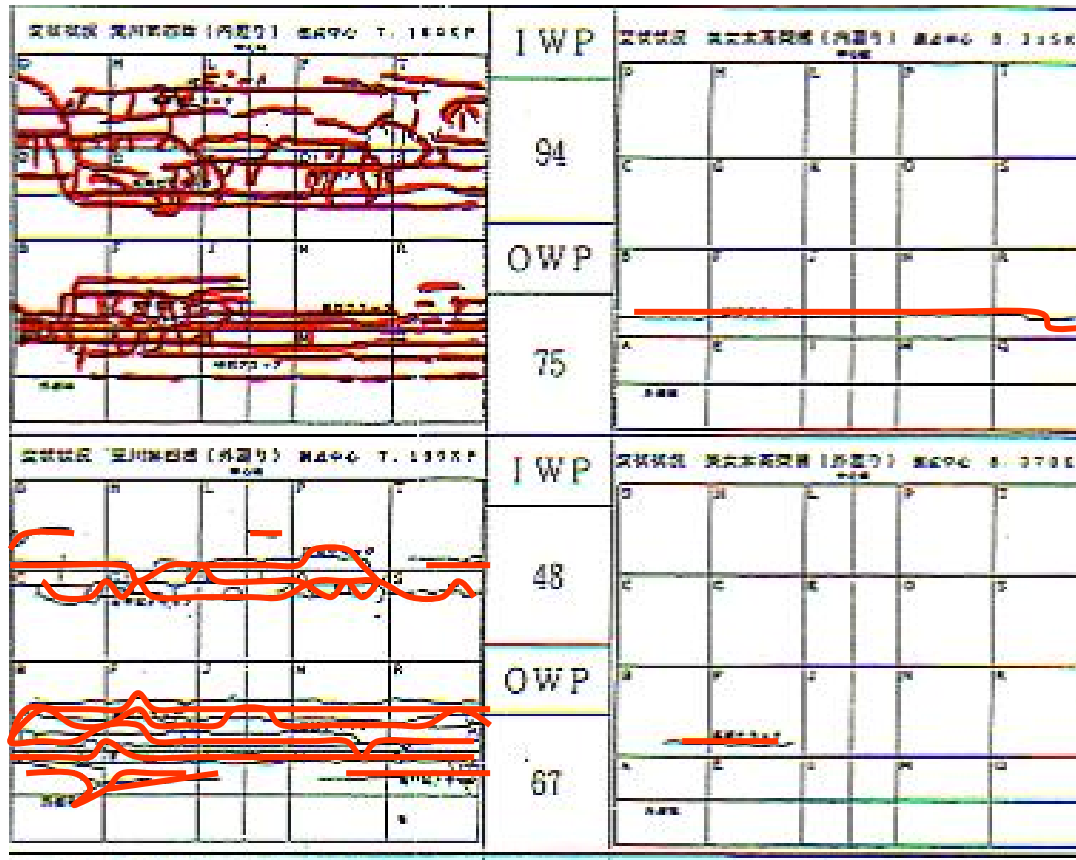


鋼床版上の舗装の亀裂



4橋の亀裂の比較

タイプ 1

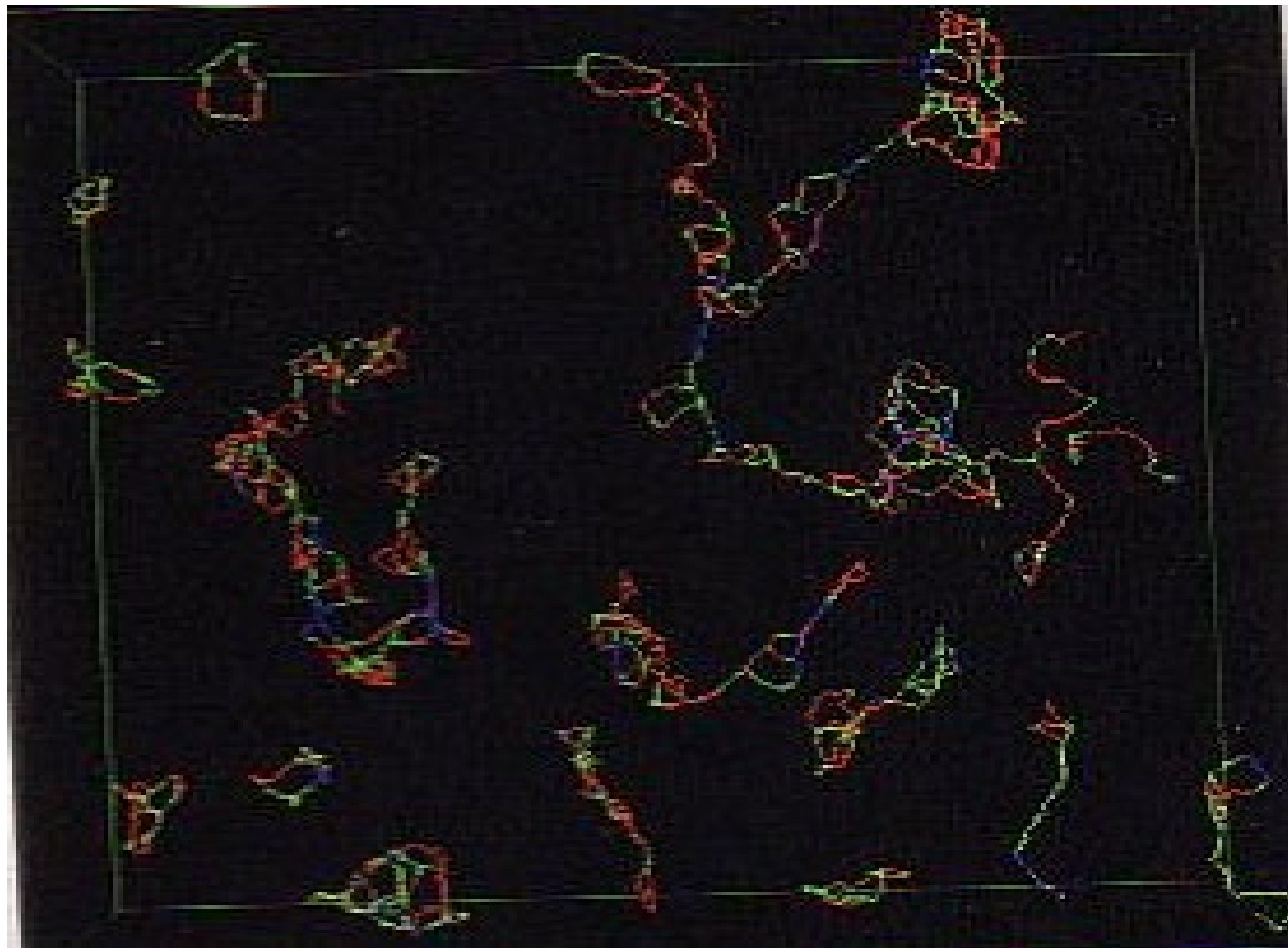


タイプ 3

タイプ 2

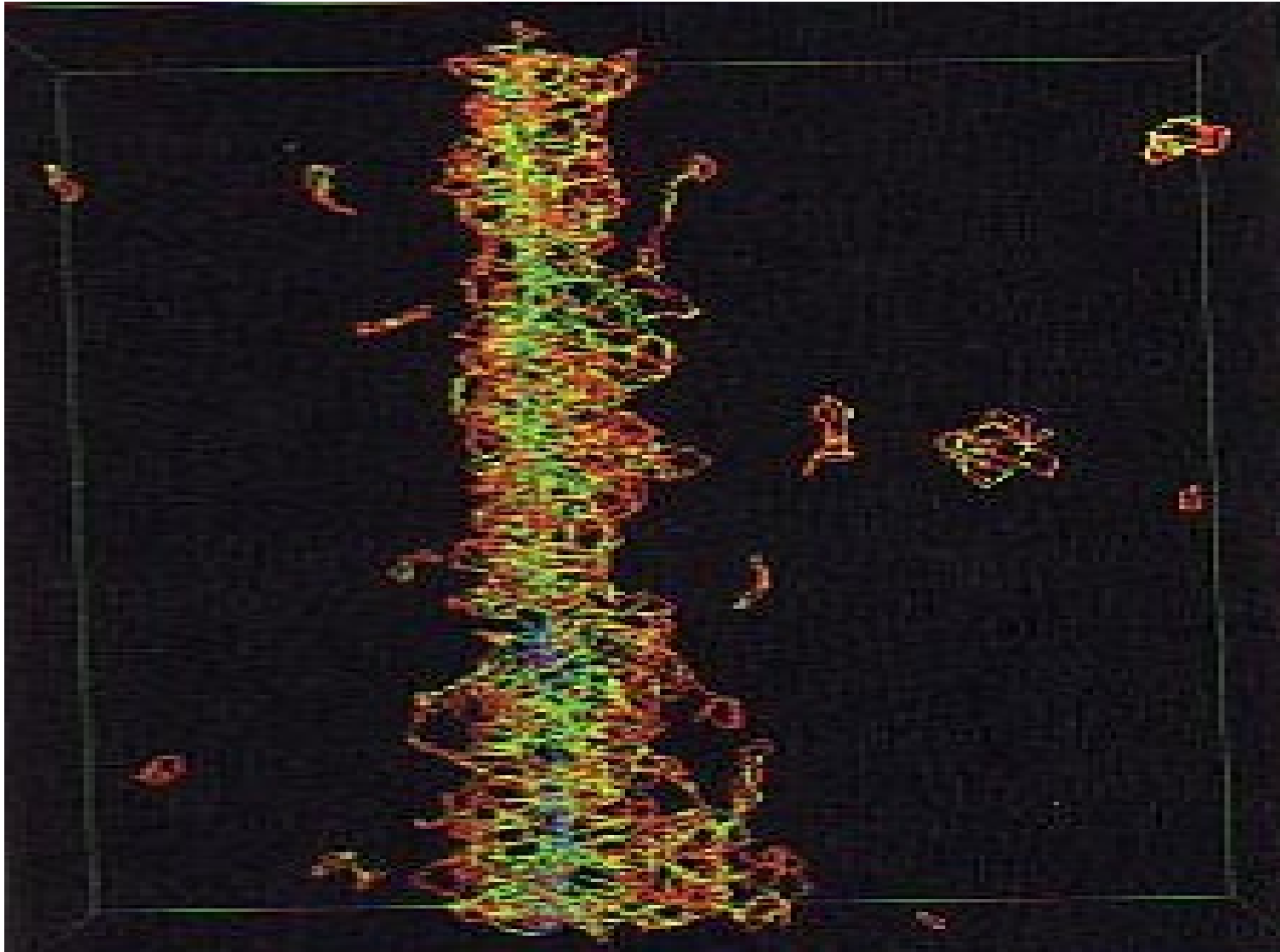
タイプ 4

舗装の表層の亀裂（表面から）



赤:0.24mm、橙:0.48mm、黄色:0.72mm

基層(グース)の縦亀裂(表面)

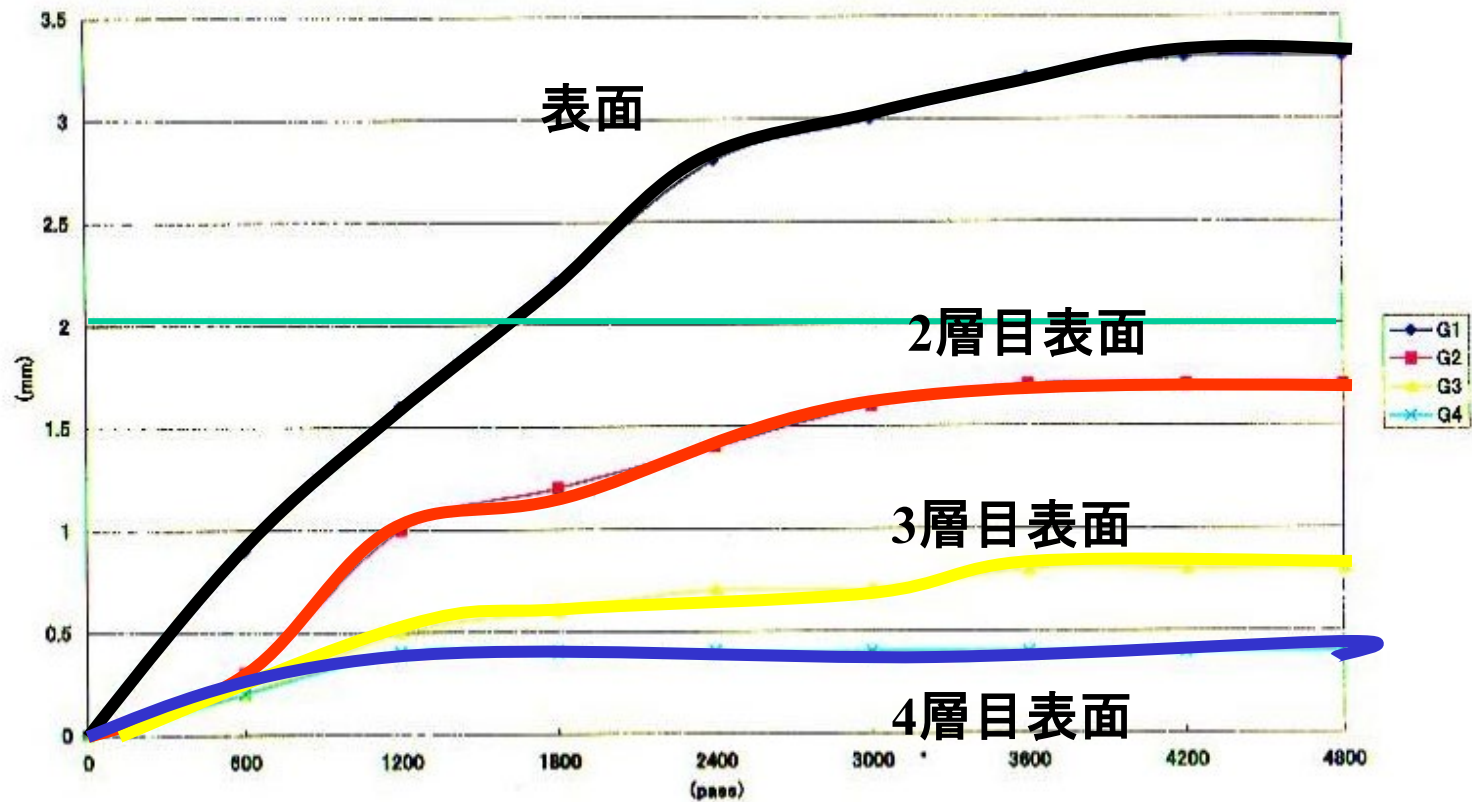


赤:0.24mm、橙:0.48mm、黄色:0.72mm

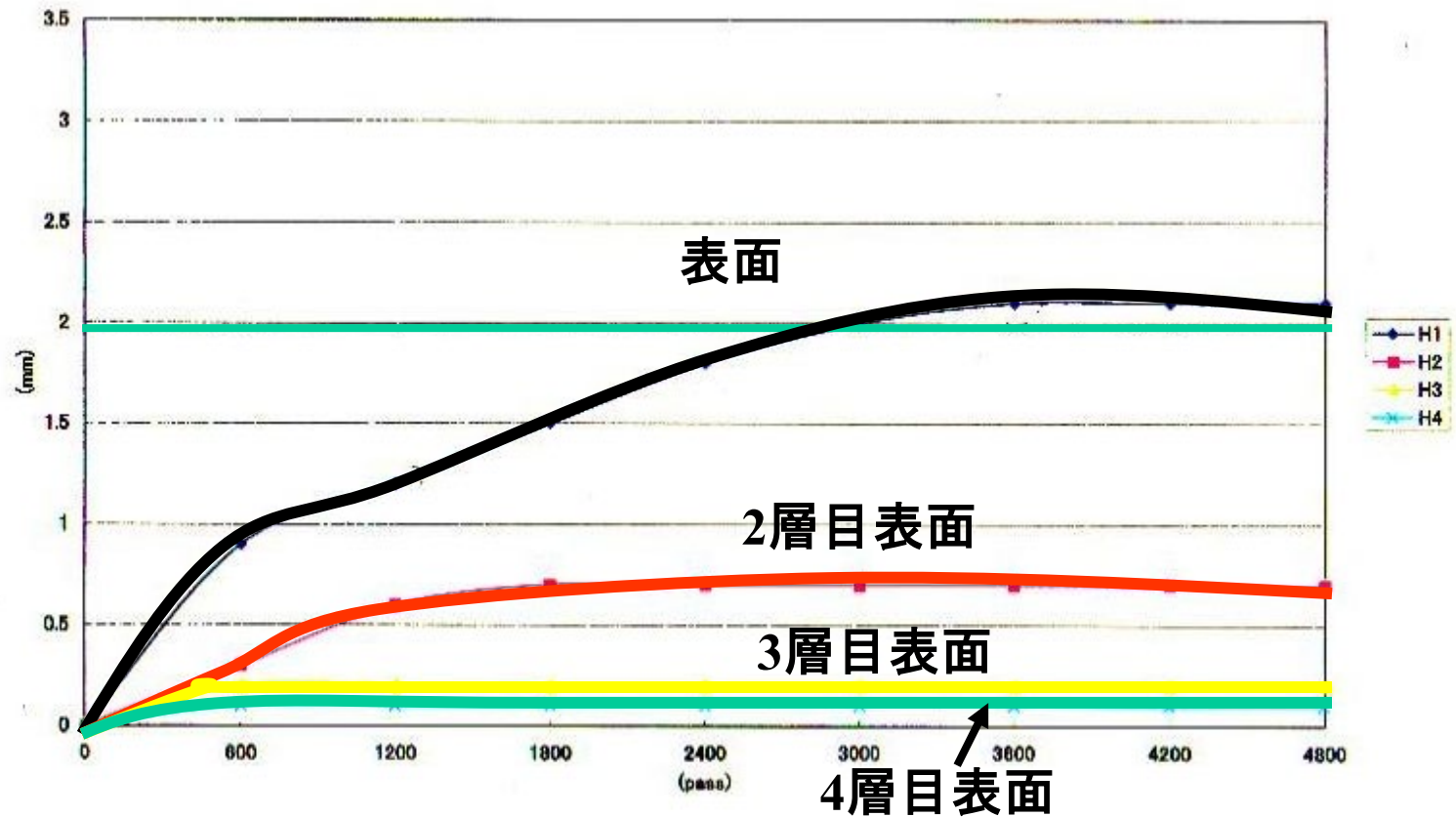
4層系の車両走行試験



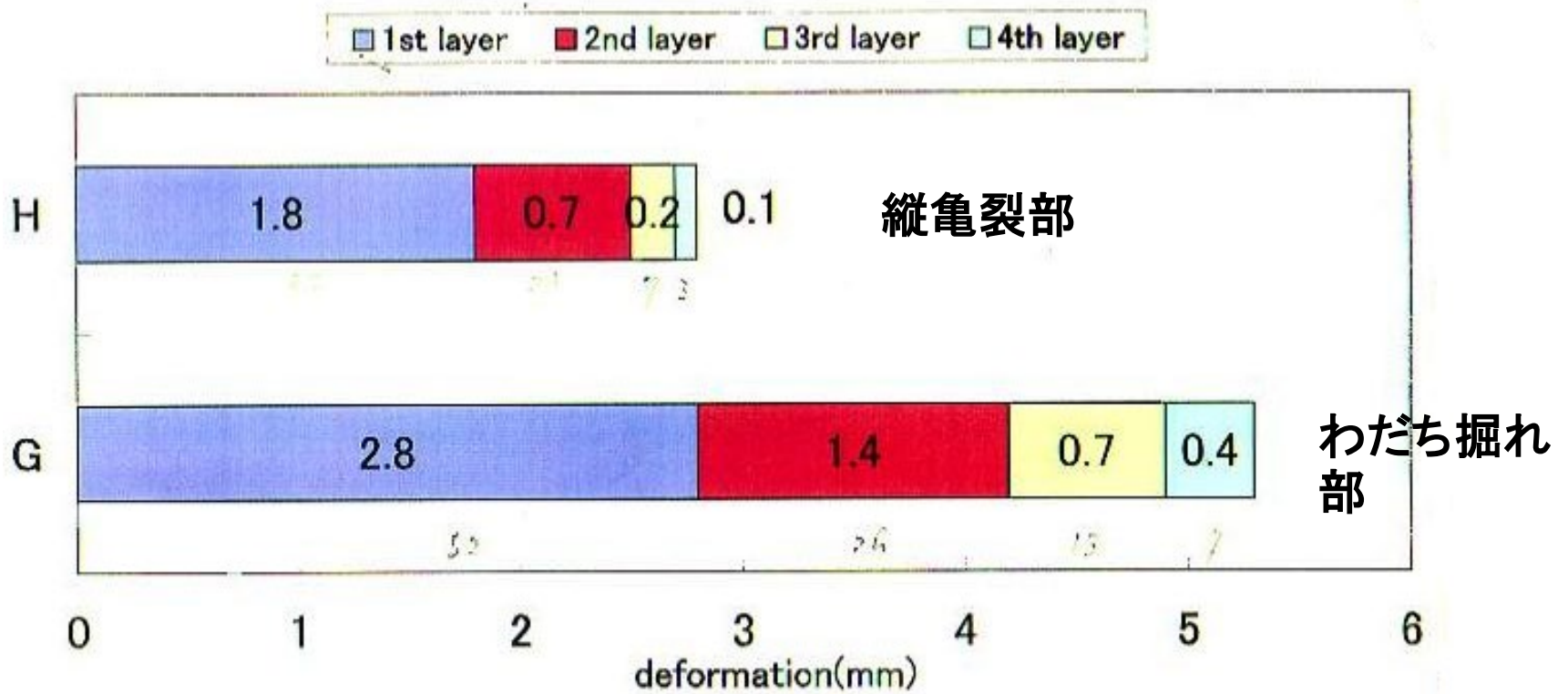
わだち掘れ部の4層部の変形



縦亀裂部の4層部の変形量



2工区の変形量



リフレクションクラックの有無

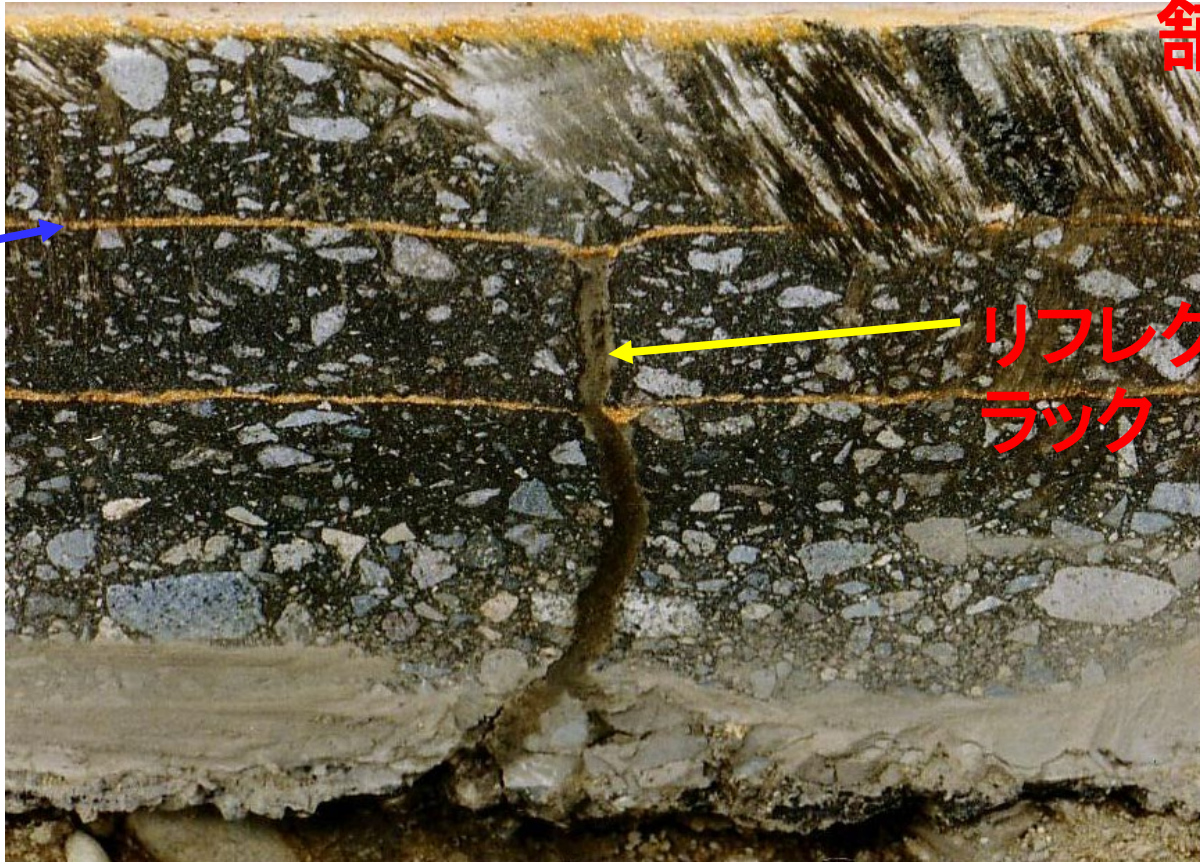
横断亀裂部の舗装の断面

舗装表面

センターの黄色線

(追い越し禁止)

リフレクションクラック



アスファルトモザイク

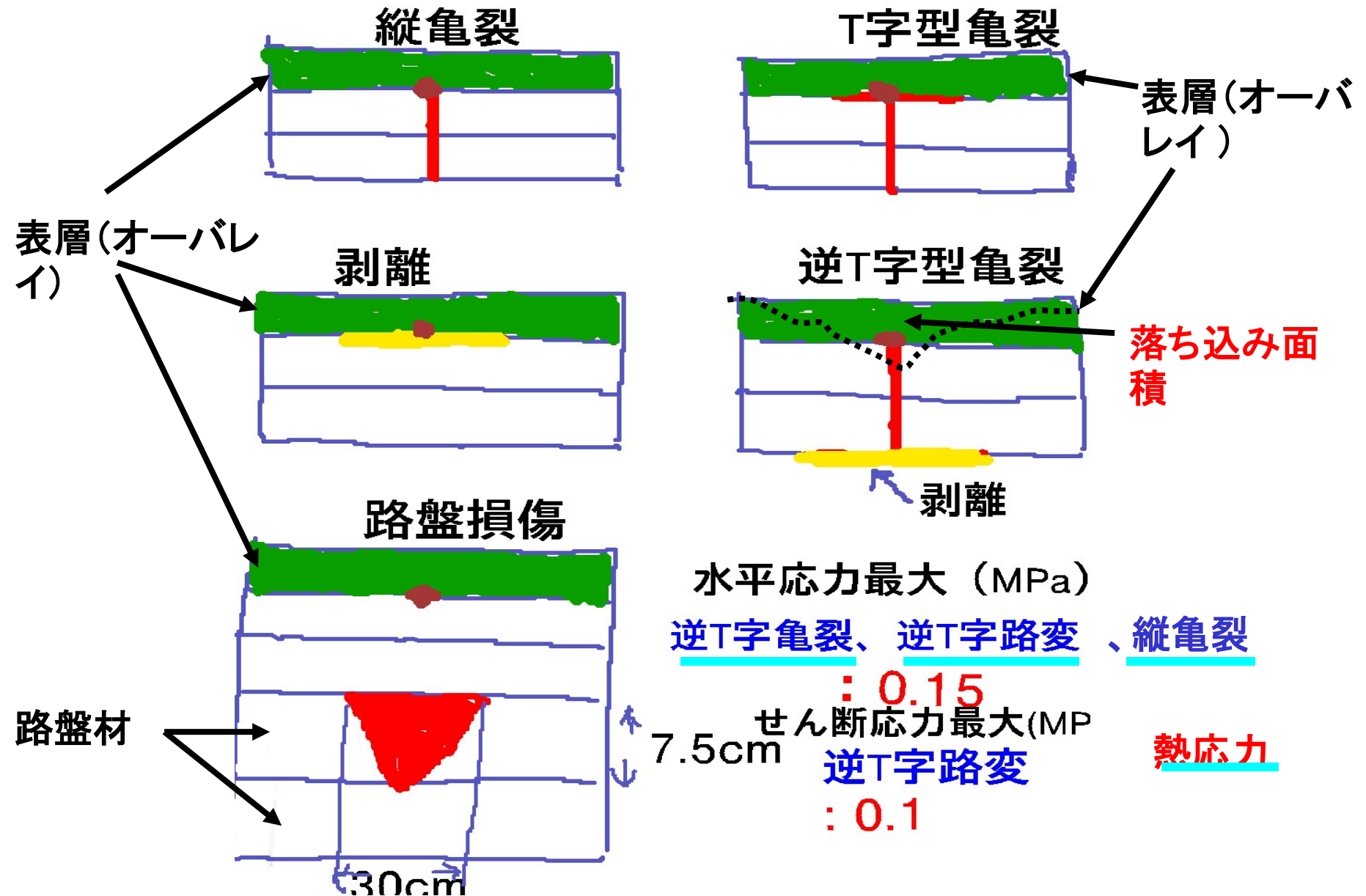


モザイク付近の亀裂

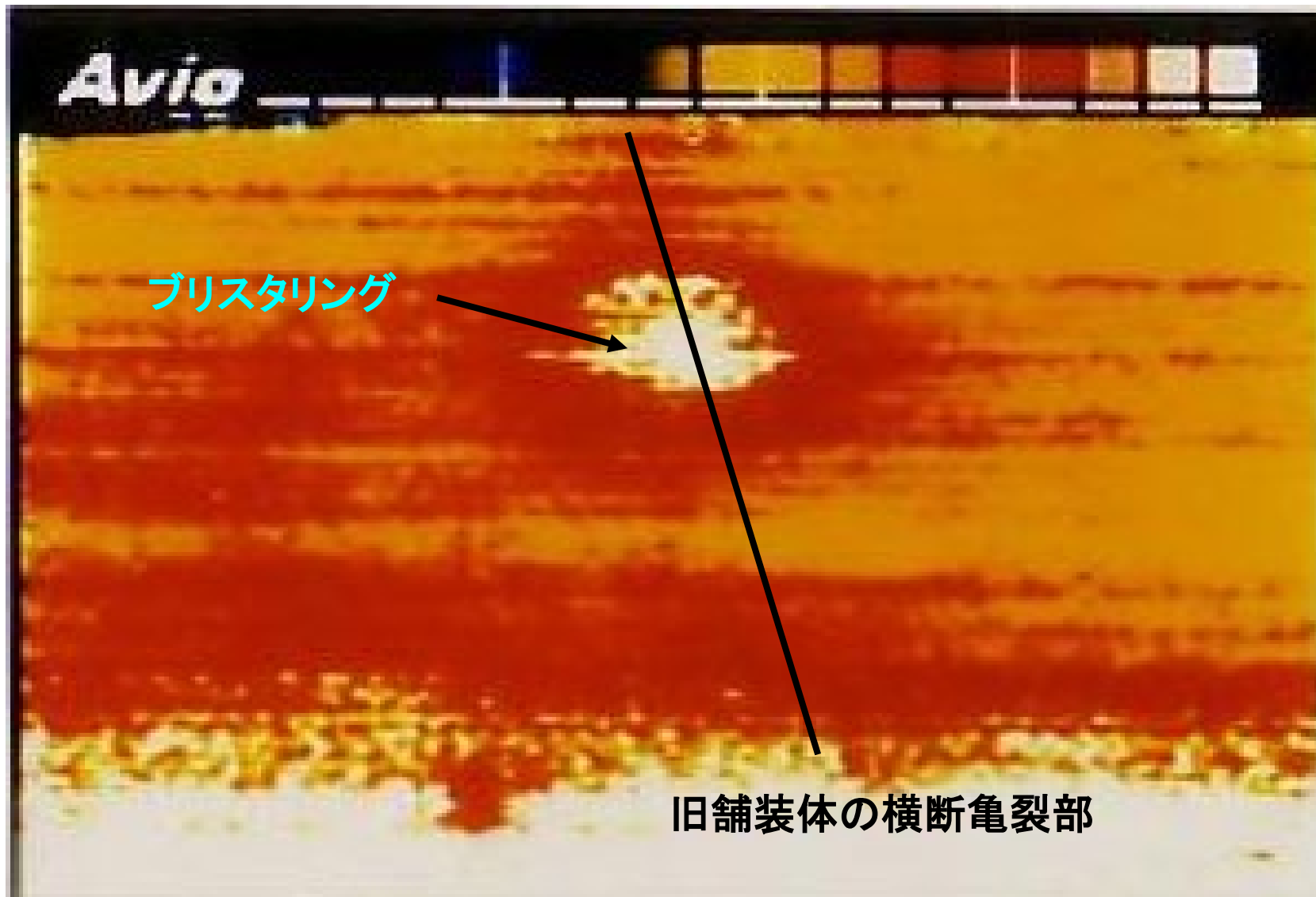


リフレクションクラック

リフレクションクラックのモデル



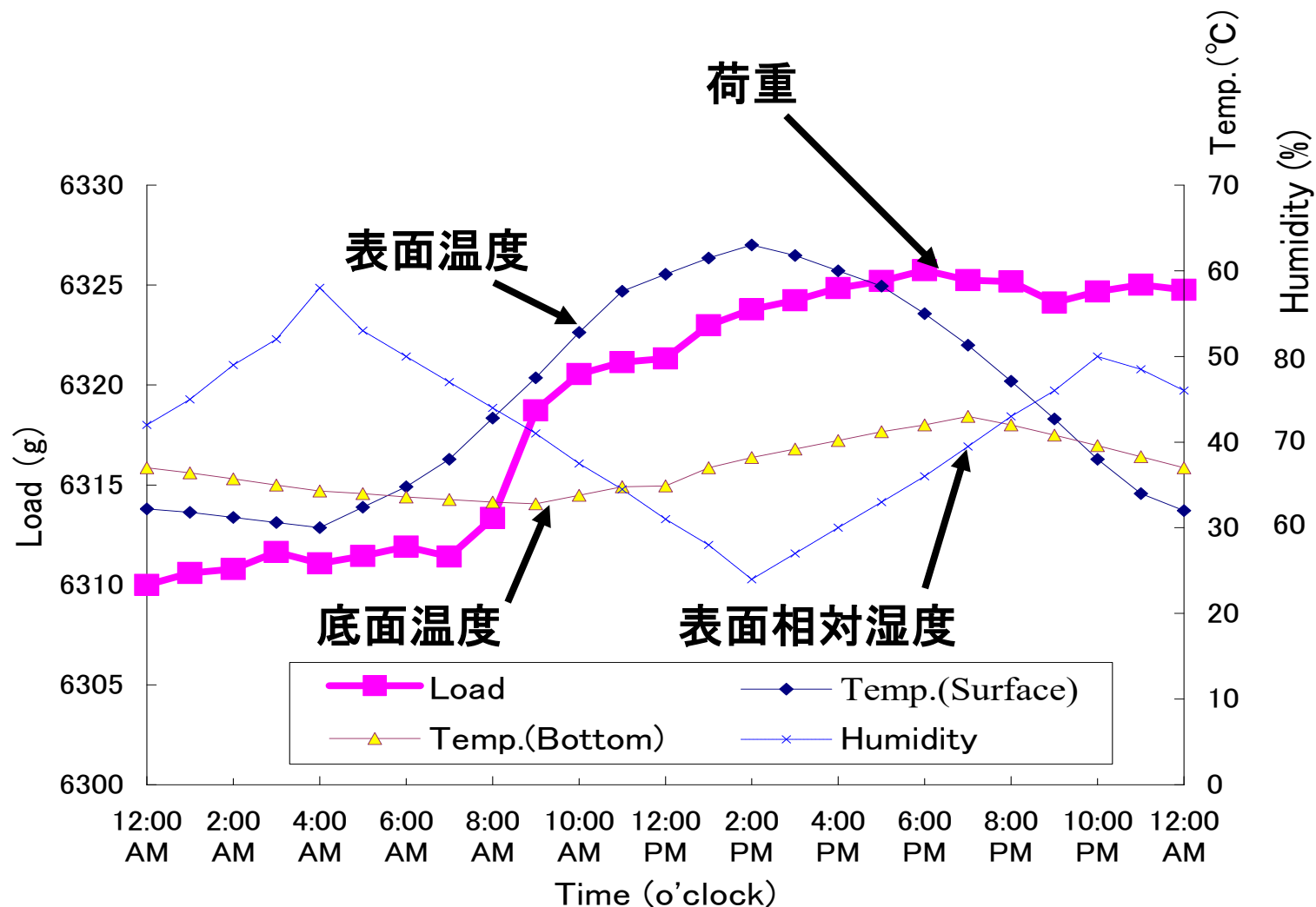
ブリストリング 2(施工直後)



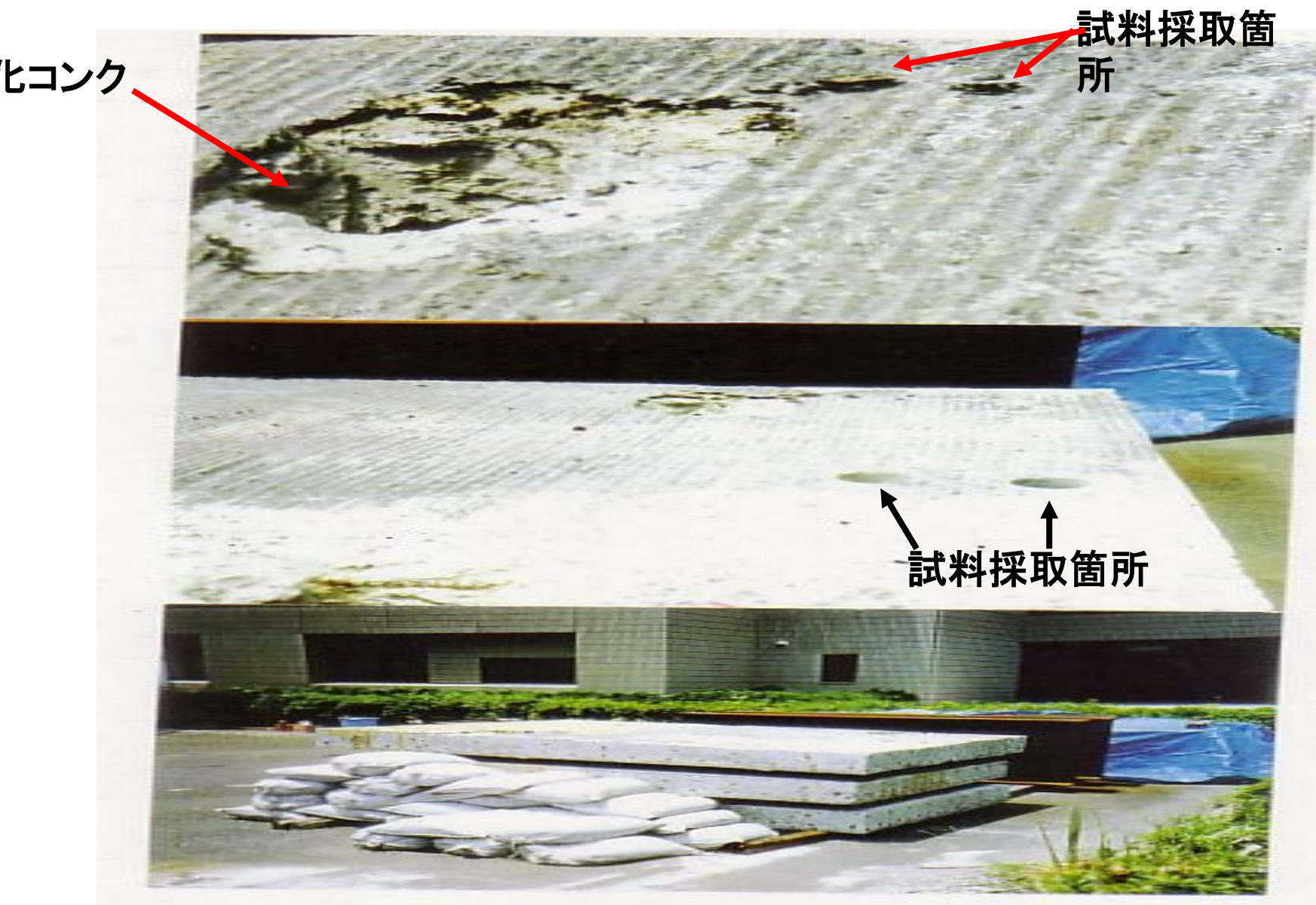
砂利化現象



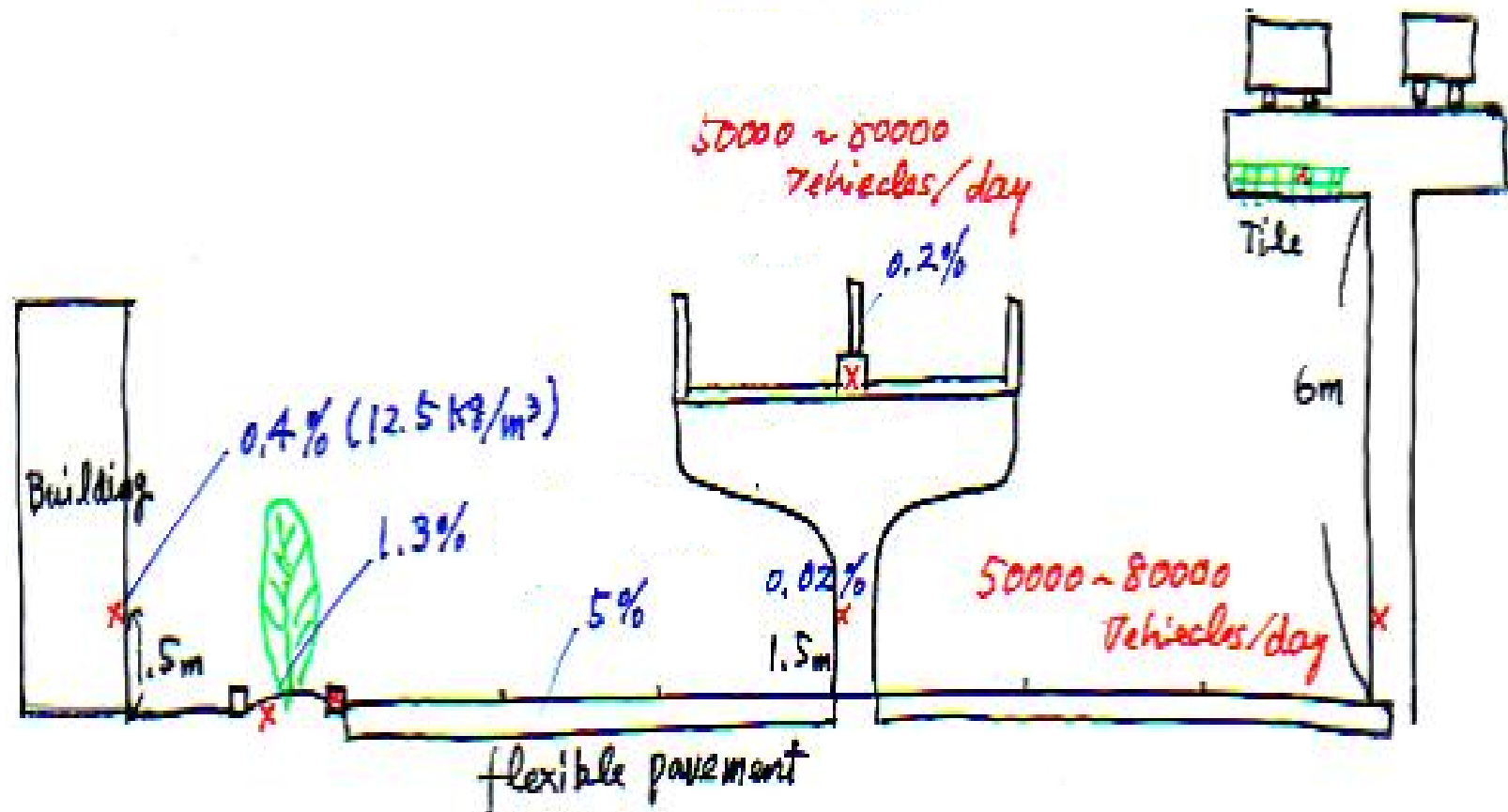
呼吸による重量増加



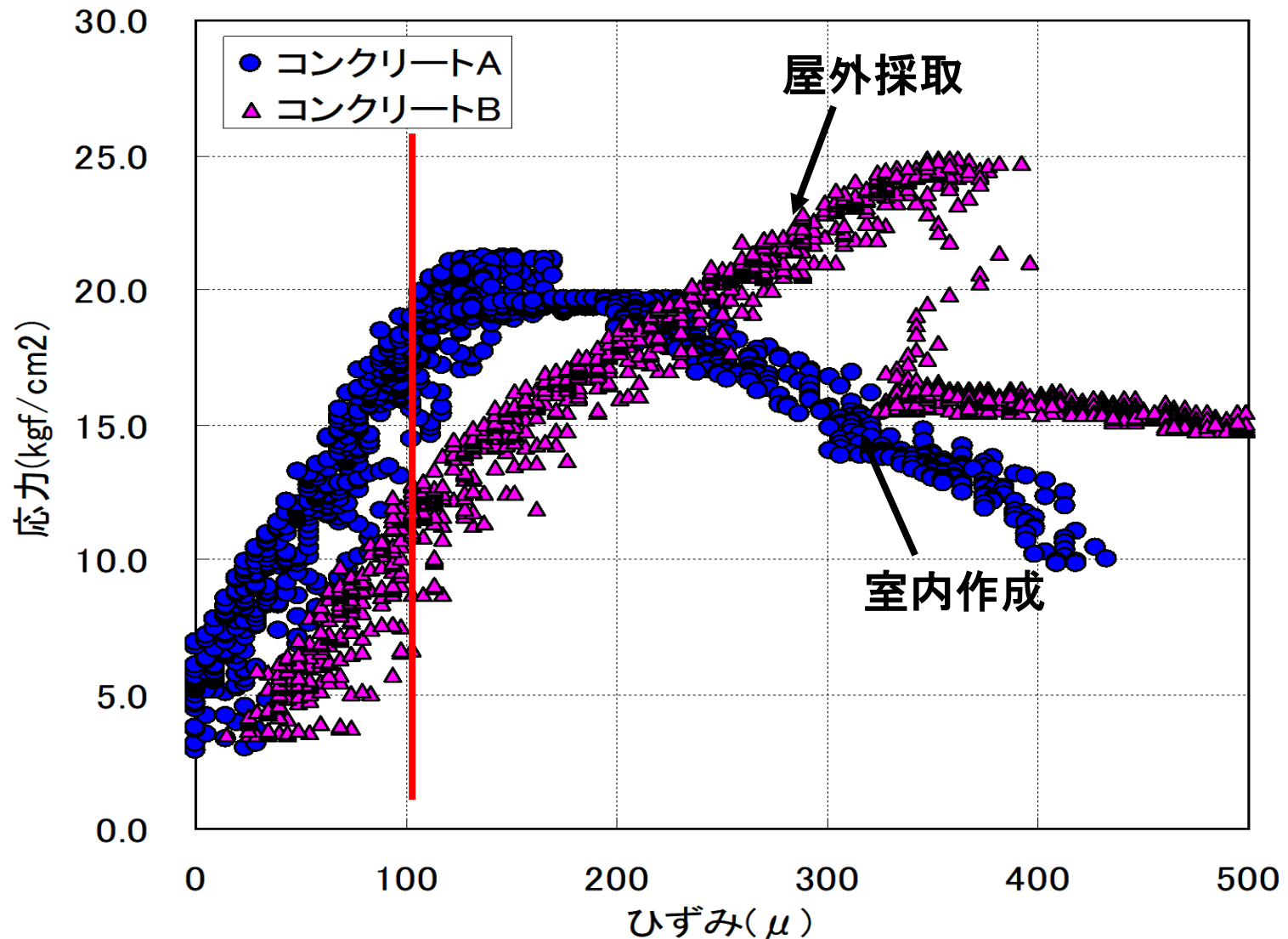
砂利化したコンクリート



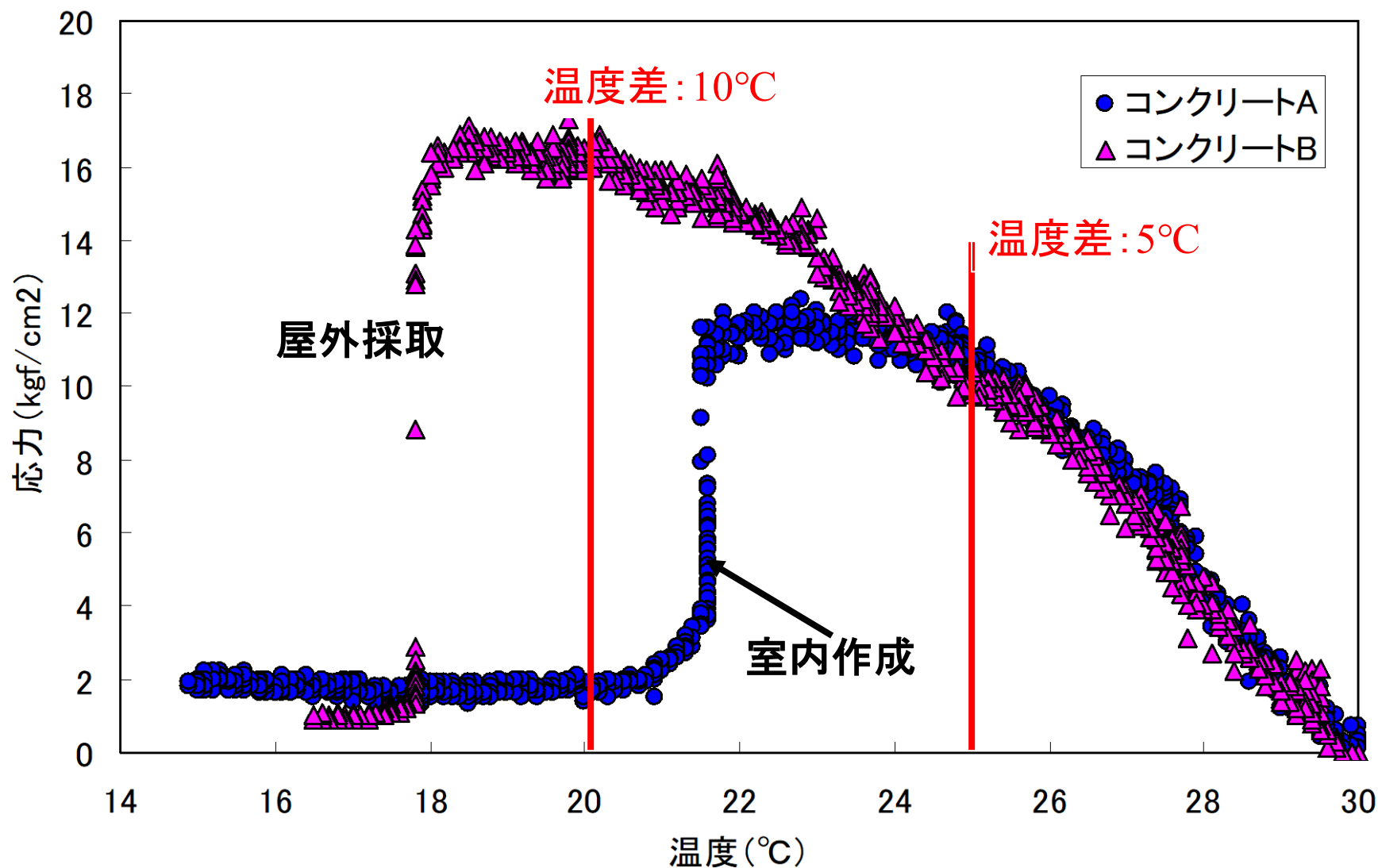
コンクリート中の有機物の量



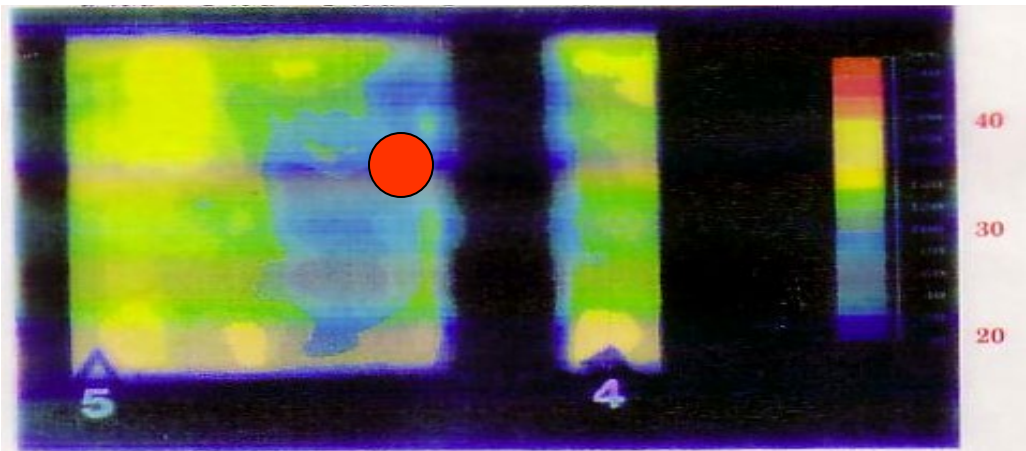
セメントコンクリートの引張試験



セメントコンクリートの熱応力



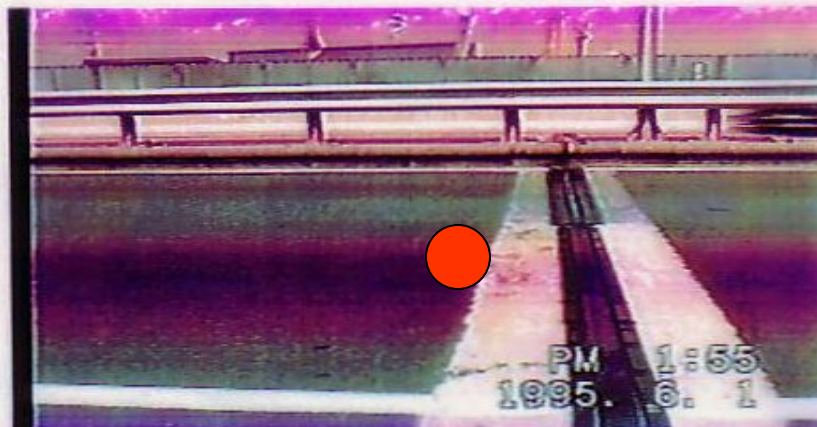
ポットホール



施工直後の
温度分布

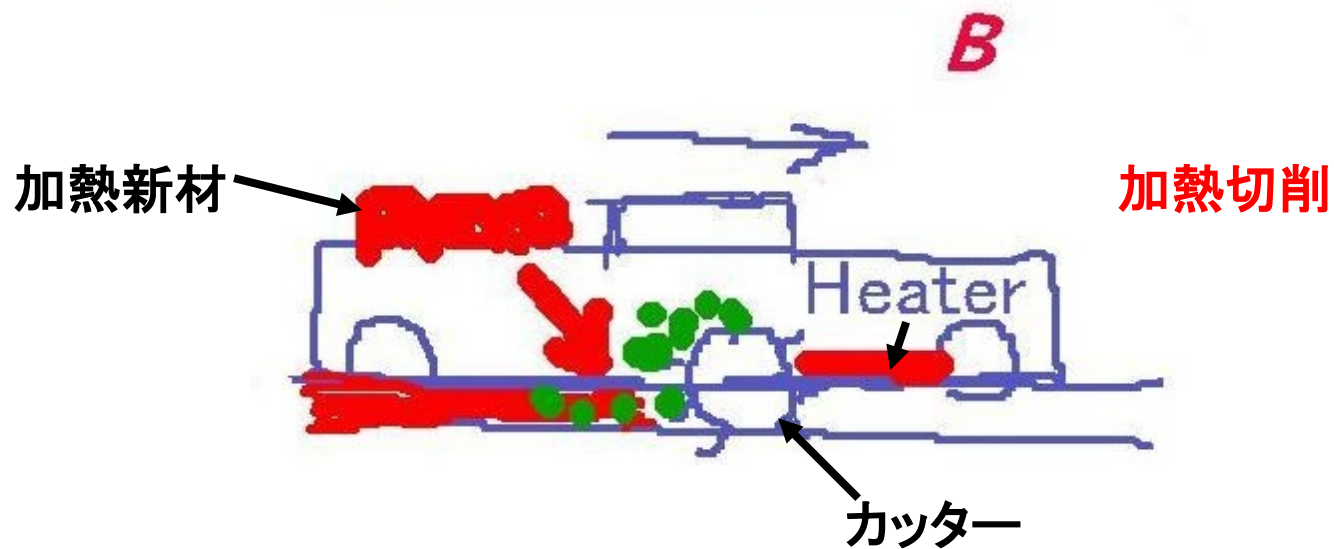
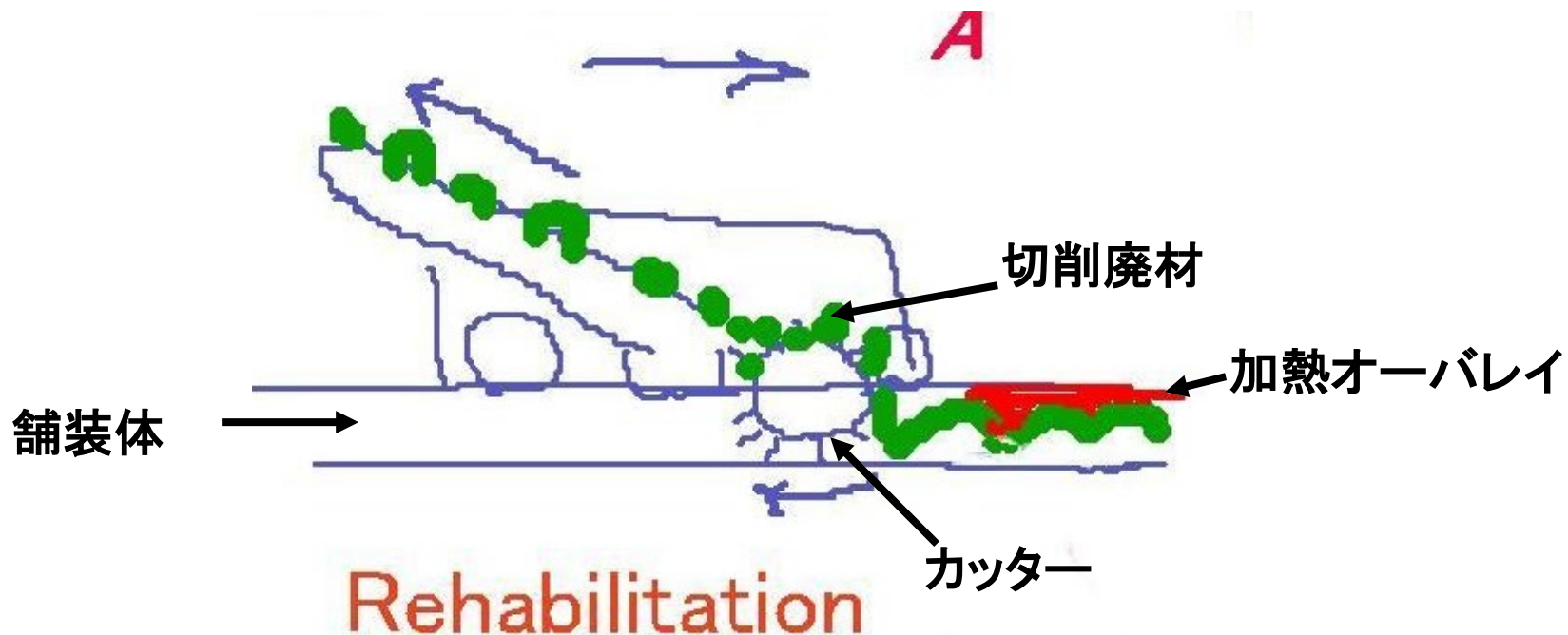
図一4 施工直後のアスファルト舗装の表面温度分布
右端の青い箇所からポットホールが生じた

$3/11.0=0.39\text{m/1cm}$

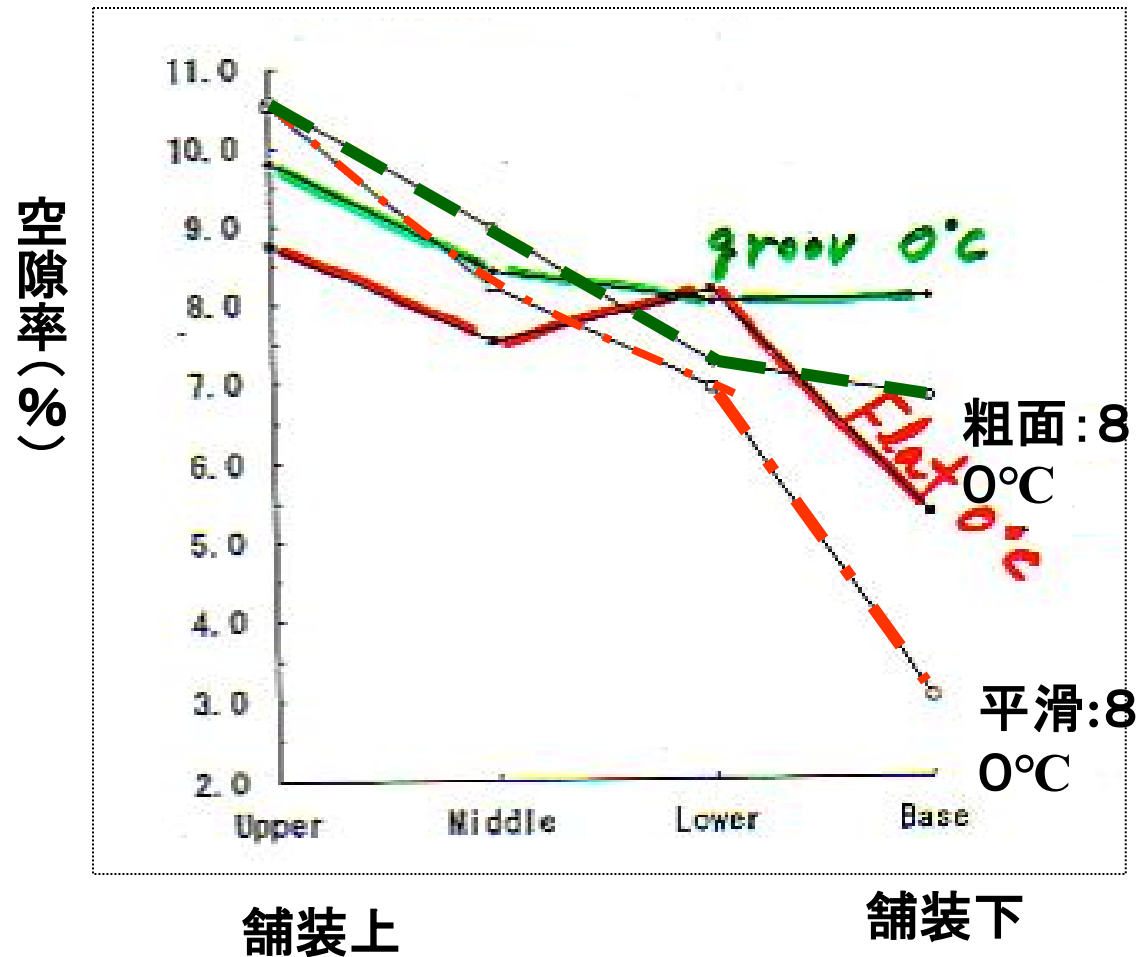


施工1ヶ月後

常温切削



舗装底面の凹凸(常温切削)



高温の縦亀裂



舗装表面のせん断応力

舗装表面の水平せん断応力

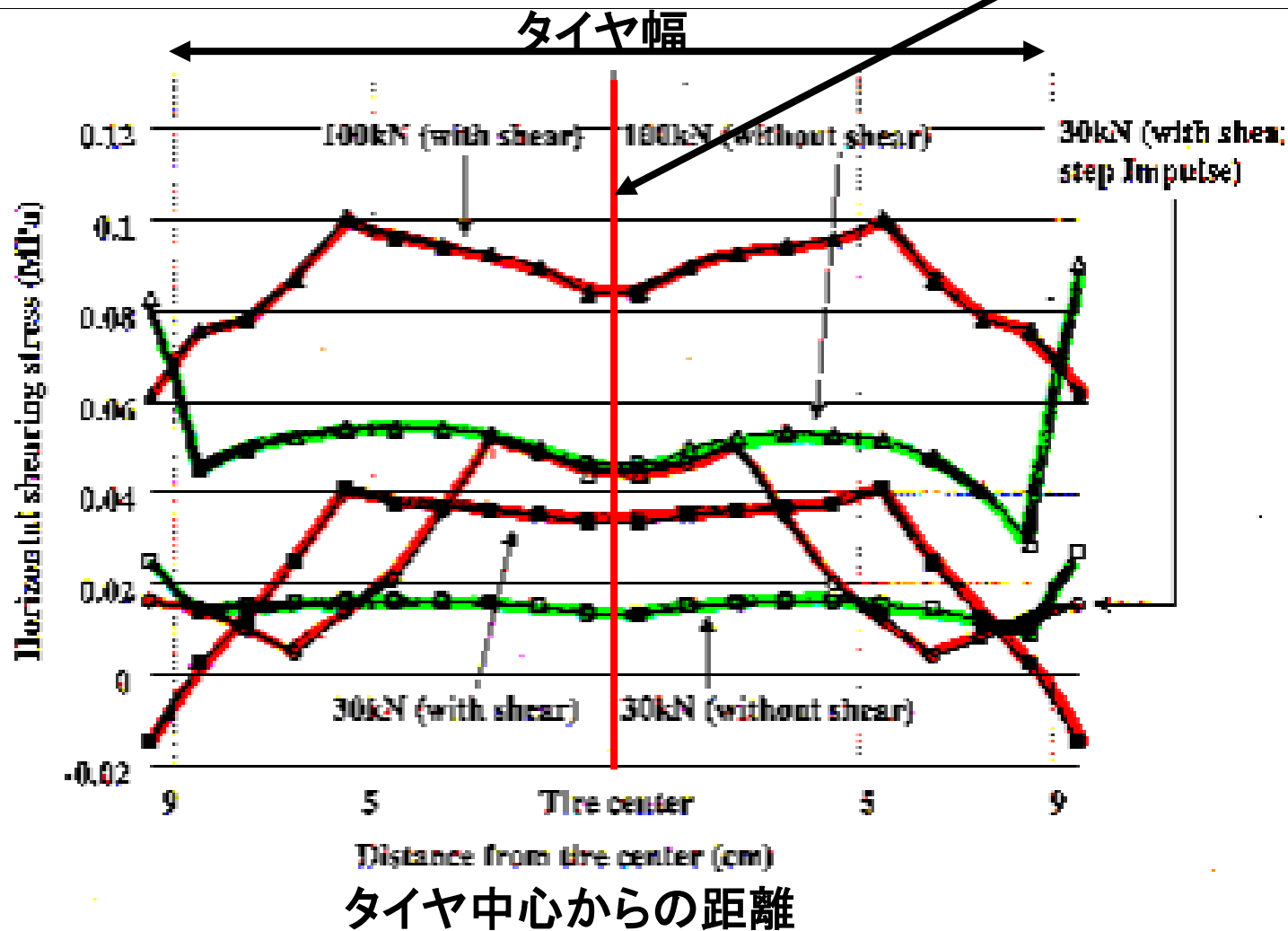
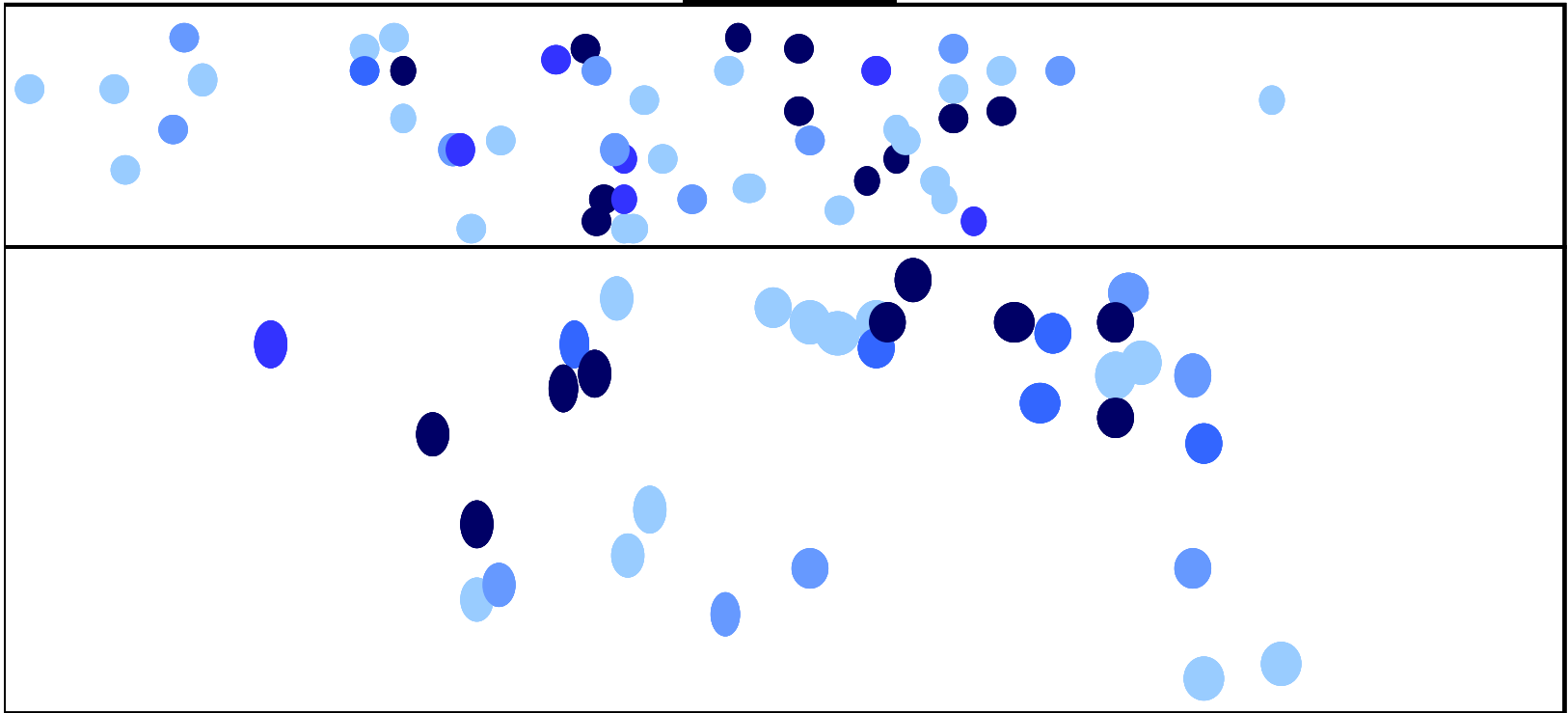


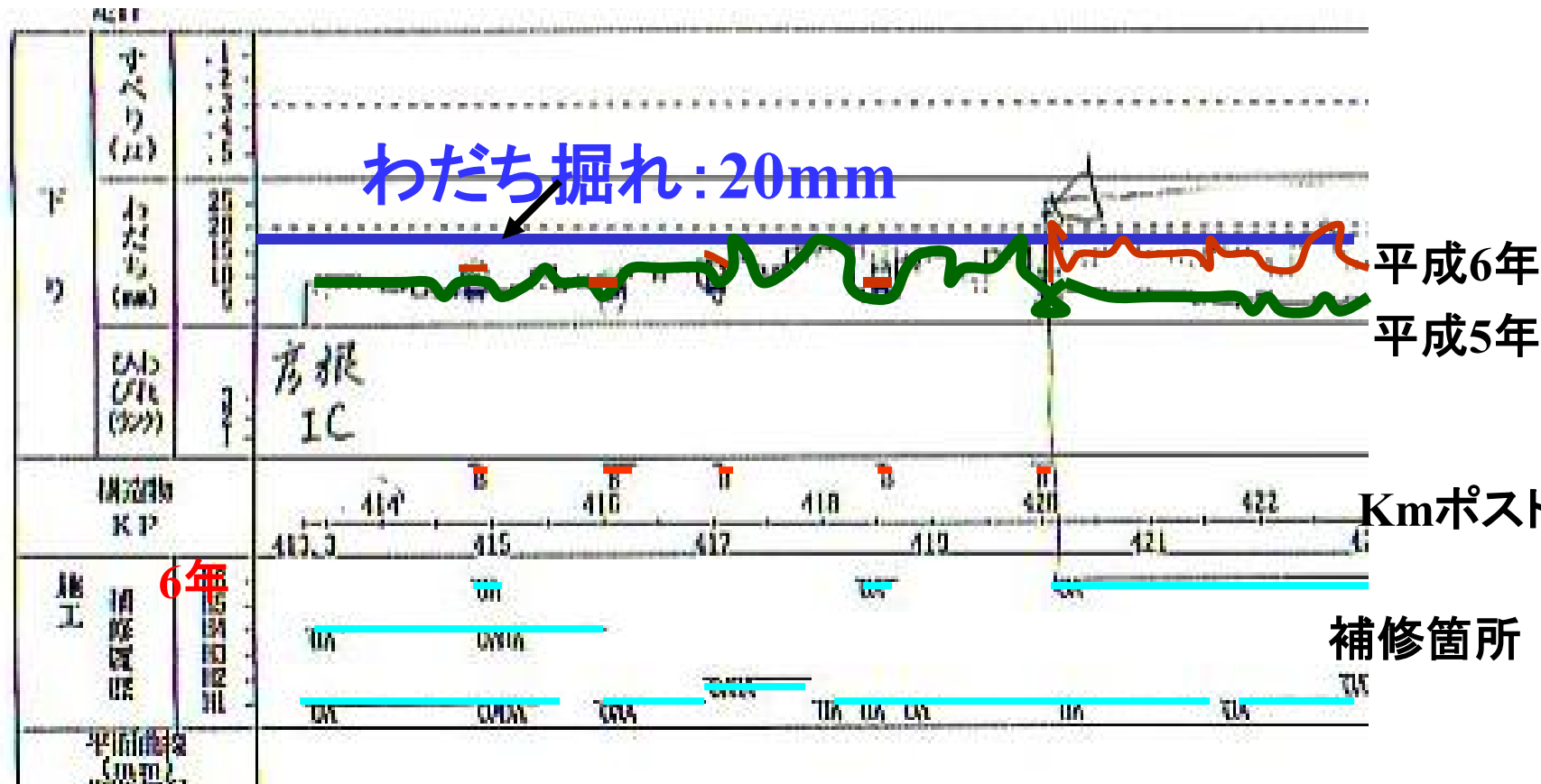
Figure 5: Horizontal shear stress v.s. Distance from tire center.

混合物中のひずみ分布(高温)

車輪



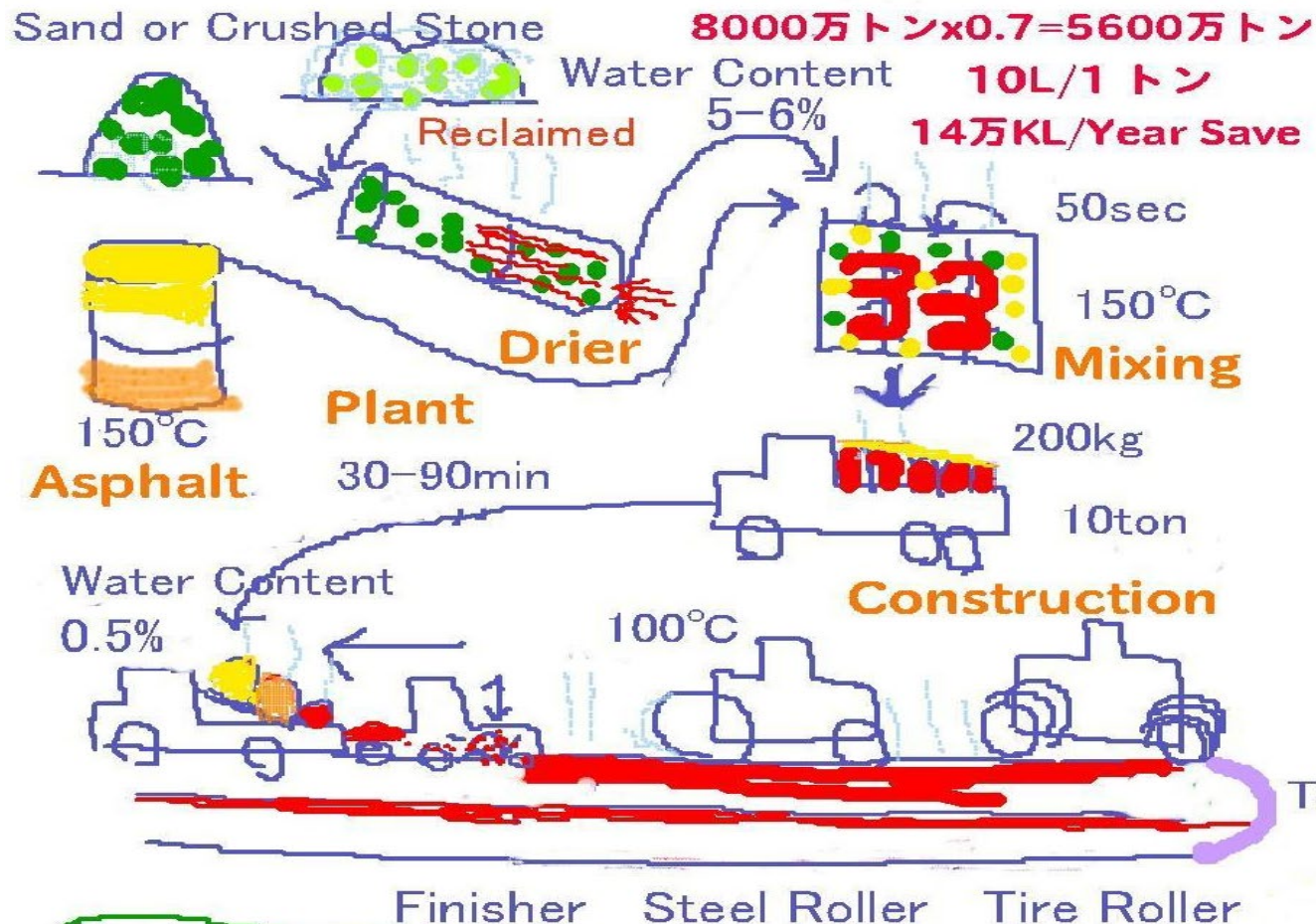
維持補修(変形)



舗装の変形



アスファルト舗装の施工図



新設の長寿命の舗装

- アスファルトの品質（強度ひずみ、
耐候性）
- 骨材の選定、プラントの改造、施工
機械の改造、
- アスファルト混合物の設計（**わだち
掘れ、亀裂**）
- 施工中の赤外検査、施工後のC T検査

綾部宮津道路

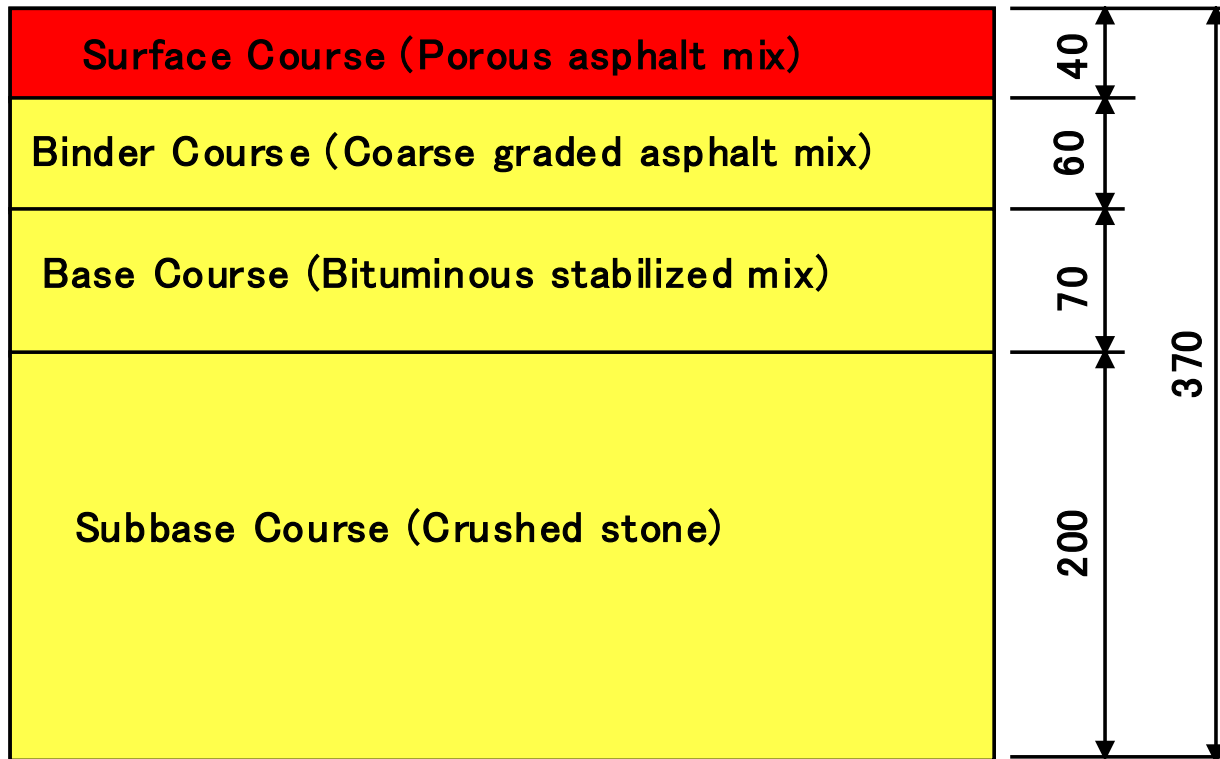
長寿命を目指した排水性舗装の建設



舗装断面

排水性舗装

(Unit : mm)



骨材体積場



乾燥機の改造

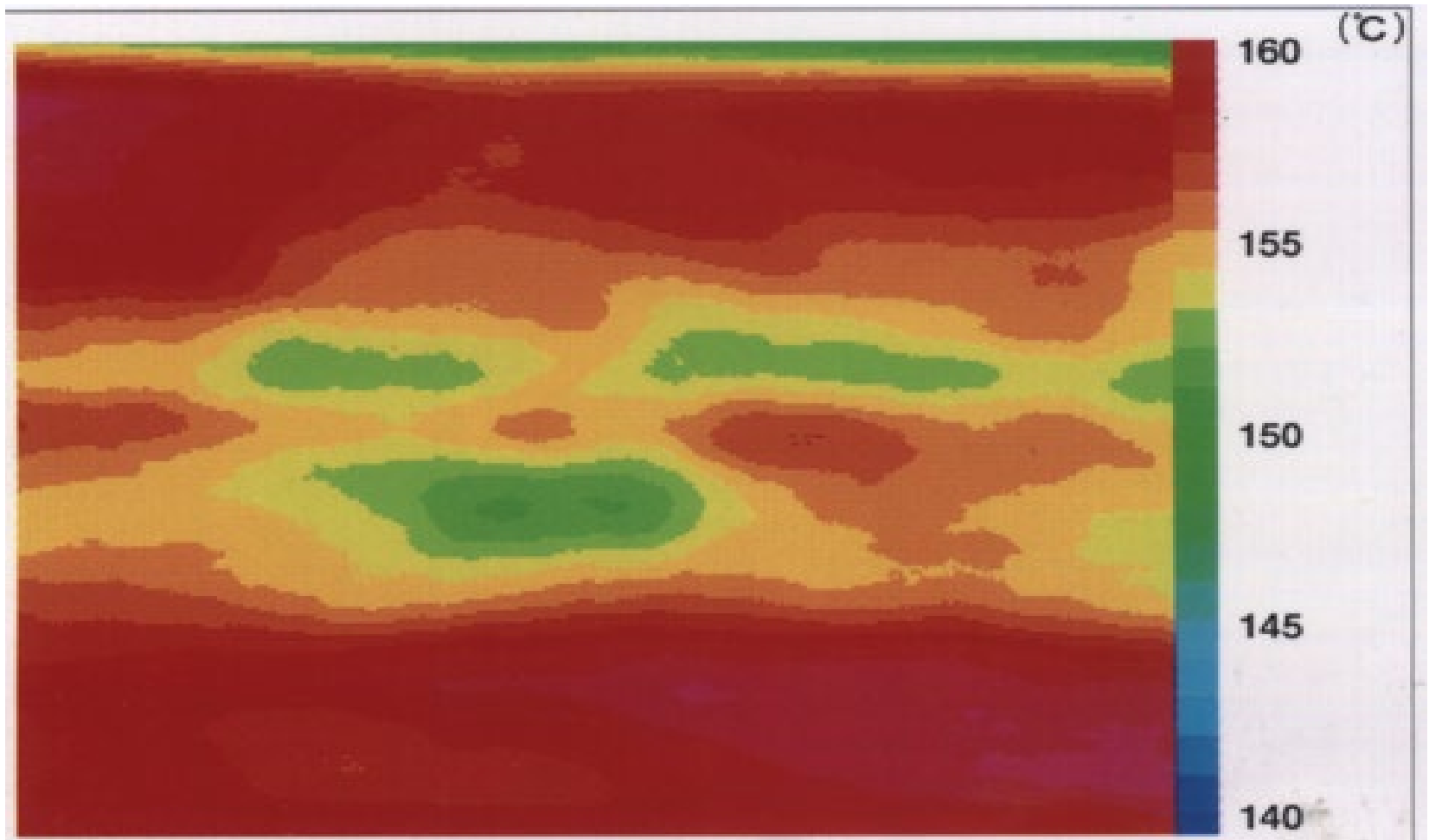


改造前



改造後

表面温度分布(6-8°C)



アスファルトの仕様

	Binder	Specification in Japan*	Specification of Kyoto Highway
Penetration (25°C,100g,5sec) (1/10mm)	41	>40	>40
Softening Point (°C)	98.0	>80.0	>80.0
Ductility (15°C) (cm)	100+	>50	>50
Flashing Point (°C)	325	>260	>260
Toughness (25°C)(Nm)	26.5	>20	>20
Tenacity (25°C)(Nm)	21.8	>15	>15
Viscosity at 60°C (kPa・s)	100+	>20	>20
Weight Loss after TFOT (%)	+0.06	<0.6	<0.6
Degree of Penetration after TFOT(%)	85.4	>65	>65
FBP after TFOT (°C)	-25	-	<T _{AV.} ** (-4)
MBP after TFOT(°C)	-27	-	<T _{L.} *** (-10)
Strength at (FBP)°C,(MPa)	7.4	-	>5
Strength at (FBP-10)°C,(MPa)	8.5	-	>5
Fracture strain at (FBP-10),(x10 ⁻²)	0.68	-	>0.3
MBP (163°C,72hrs),(°C)	-11	-	<-10
Wax	None	-	Not be included

* Specification in Japan: Technical Guide for Drainage Pavement (Proposal)

** T_{AV.} : Average daily temperature in coldest month

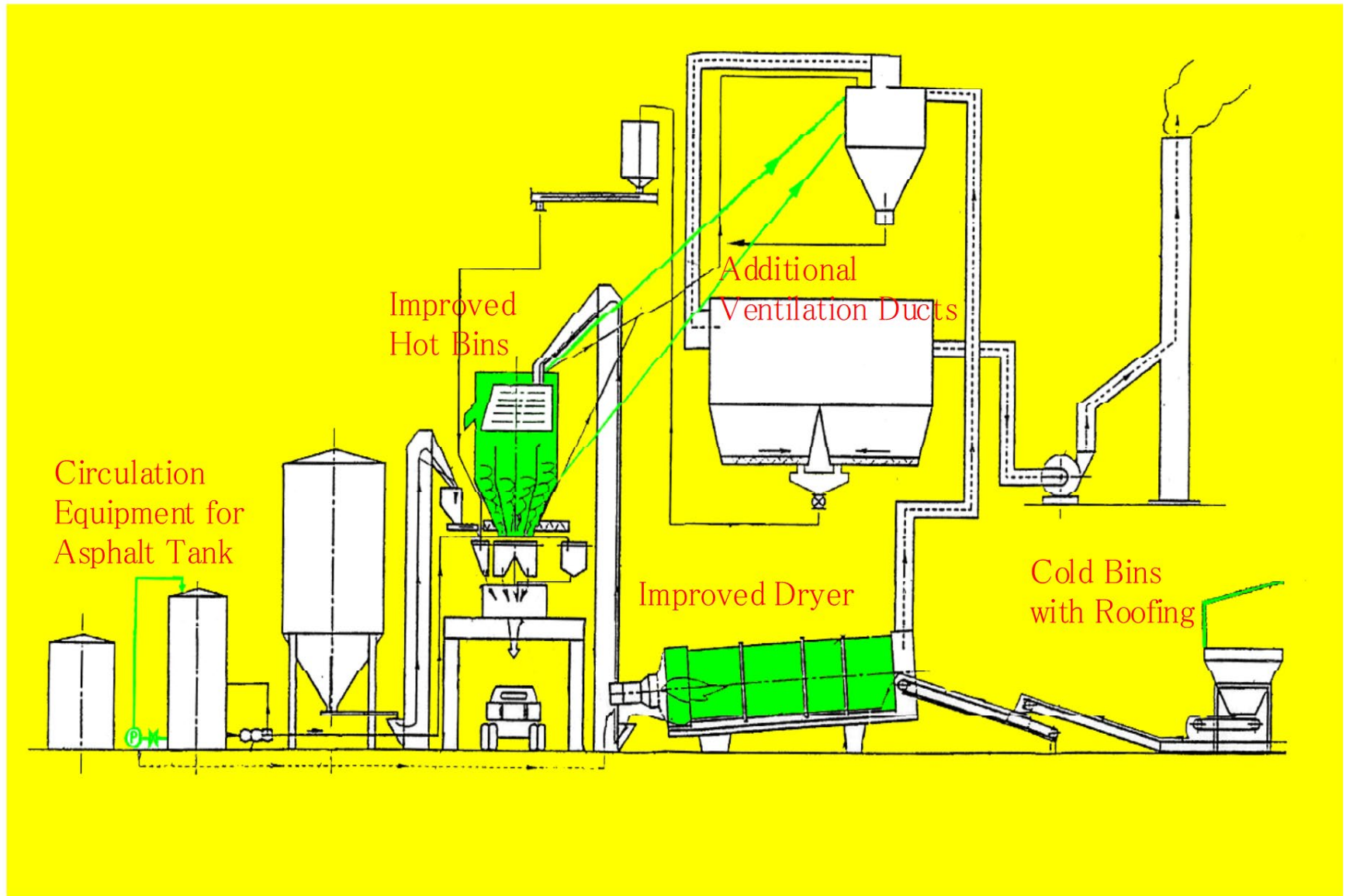
*** T_{L.} : Minimum ambient temperature in coldest month

アスファルト混合物の仕様

	Mixture	Specification in Japan*	Specification of Kyoto Highway
Porosity of Whole Layer (%)	19.0	20	20
Porosity at Upper/Lower Part of the Layer (%)	19.6	-	20
Continuous Porosity (%)	14.7	-	15±3
Marshall Stability (60°C) (kg)	567	>350	>500
Flow Value (60°C) (1/100cm)	34	-	20～40
Retained Stability (60°C) (%)	96.1	-	>75
Contabro Loss (20°C) (%)	10.1	-	<20
Binder Run-off Loss (%)	0.86	-	-
Splitting Strength (-25°C) (MPa)	27.2	-	>20
Splitting Strength at Upper/Lower Part (-25°C) (MPa)	26.7	-	>20
Dynamic Stability after Traverse (60°C) (pass/mm)	7800	-	>1500
Dynamic Stability before Traverse (60°C) (pass/mm)	8100	>1500	>1500
Water Permeability (cm/sec)	1.8×10^{-1}	$>1 \times 10^{-1}$	$>1 \times 10^{-1}$

* Specification in Japan : Technical Guide for Drainage Pavement (Proposal)

プラントの改造



ダンプの断熱



ベニア2枚による断熱

敷き均し機の改造



敷き均し機の雁行



転圧機の改造



完成時の状況



液状化防止ネットの有無

- 砂：最大粒径**2.5mm**
- 転圧度：**60%**
- 含水比：**100%**
- ひずみ：**1%**
- 加速度：**1200Gal**
- 加震時間：**30秒**
- ネット：**2枚**

