

日温度変化による 空港コンクリート舗装の 温度応力に関する研究

国土技術政策総合研究所
(独)港湾空港技術研究所
成田国際空港(株)

○坪川将丈, 水上純一
八谷好高
亀田昭一

2007年12月 舗装工学講演会

1

背景・目的

空港コンクリート舗装の設計法

荷重応力: 電算プログラムにて計算可能(福手, 1977)

温度応力: 安全率(1.7~2.2)で考慮
疲労 :

道路舗装の温度応力式(版中央部)

20cm, 25cmのコンクリート版における

観測結果から考案(岩間, 1964)

$$\sigma = 0.7 \frac{E\alpha\theta'}{2(1-\nu)}$$

σ : 温度応力(MPa)
 E : 弾性係数(MPa)
 α : 熱膨張係数($10^{-6}/^{\circ}\text{C}$)
 θ' : 版上下面温度差($^{\circ}\text{C}$)
 ν : ポアソン比

目的

道路舗装よりも版が厚い空港コンクリート舗装に生じる
温度応力の定量的な算出手法の検討

2007年12月 舗装工学講演会

2

検討手法

- 1. 試験舗装の製作
- 2. コンクリート版内の温度とひずみの測定(1時間毎, 1年間)
- 3. 1年間毎時間の温度応力(軸拘束, 曲げ拘束, 内部拘束)を算出.
- 4. 日最大温度応力と日最大版上下面温度差の関係を検討
- 5. 毎時間の温度応力と版上下面温度差の関係を検討
- 6. 熱収支解析により求めた版内温度分布を用い,
版厚と温度応力の関係を検討

試験舗装の製作

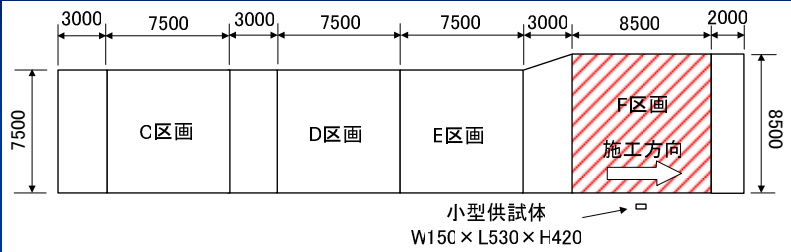
- ・施工時期 2000年10月
- ・設計条件 航空機荷重区分:LA-1
設計反復作用回数:20,000回
路盤K₇₅:70MN/m³
- ・コンクリート版寸法 8.5m×8.5m
- ・コンクリート版厚 42cm
- ・路盤 アスファルト安定処理上層路盤15cm
粒状下層路盤23cm
- ・コンクリート設計基準曲げ強度 5N/mm²
- ・コンクリート配合

W/C (%)	単位 粗骨材 容積 (m ³ /m ³)	細骨 材率 (%)	目標 スラ ンプ (cm)	目標 空気量 (%)	単位量 (kg/cm ³)				混和剤	
					W	C	S	G	AE 減水剤 (C×%)	空気量 調整剤*
40	0.72	36.6	5	4.0	138	345	676	1,208	1.0	4A

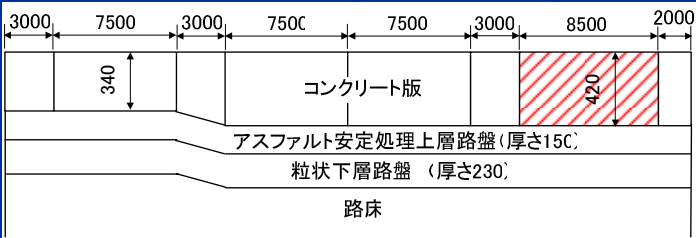
※セメント 1kg に対して空気量調整剤 1%水溶液を 2cc 添加した場合を 1A とした.

試験舗装の製作

平面図



断面図

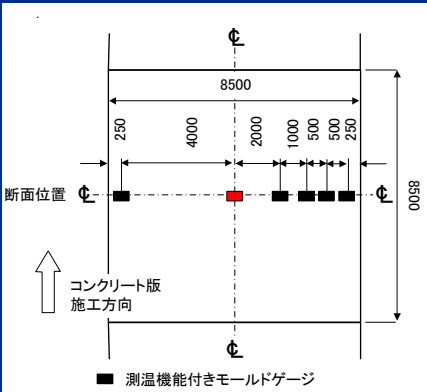


2007年12月 舗装工学講演会

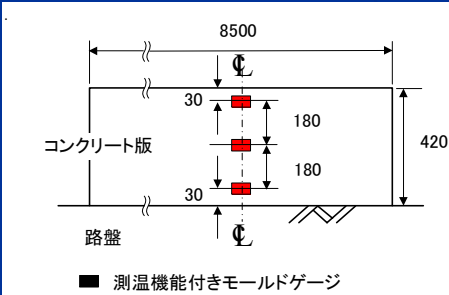
5

試験舗装の製作

- ・深さ方向3点に、測温機能付ひずみ計を埋設
- ・およそ1年間にわたり、1時間毎の温度とひずみを測定



平面図

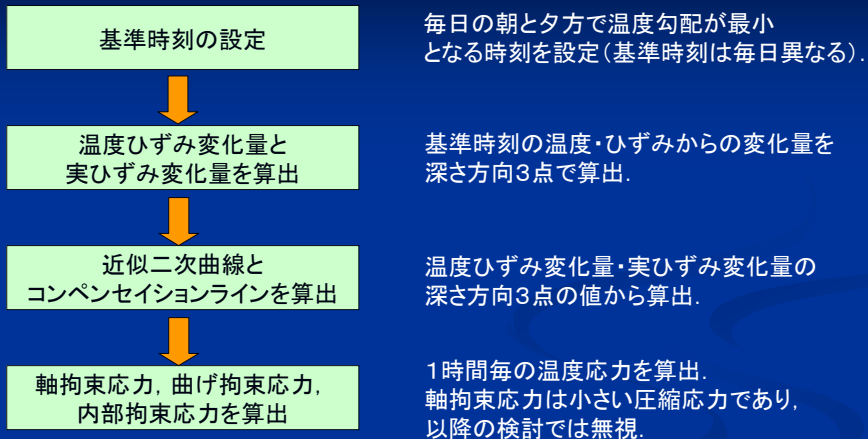


断面図

2007年12月 舗装工学講演会

6

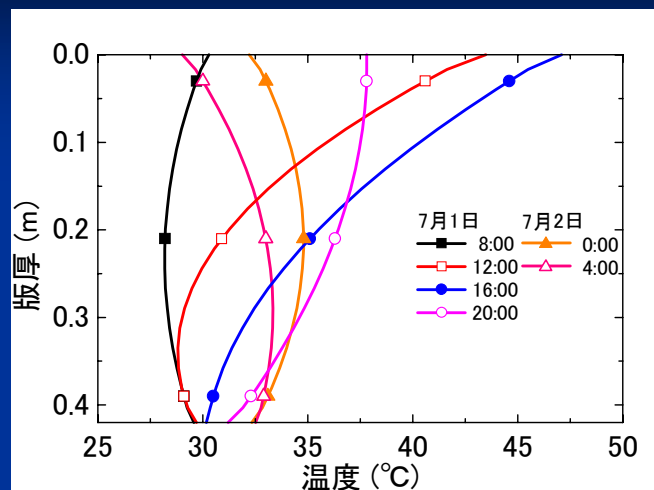
温度応力の算出



2007年12月 舗装工学講演会

7

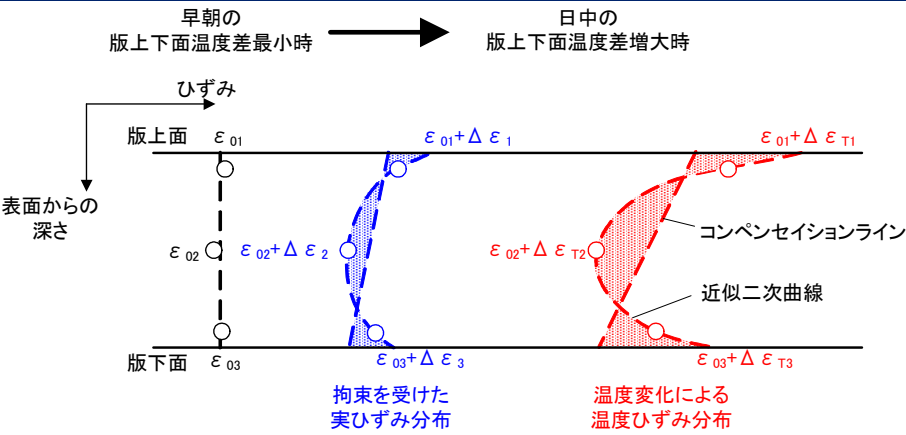
コンクリート版内温度の日変化



2007年12月 舗装工学講演会

8

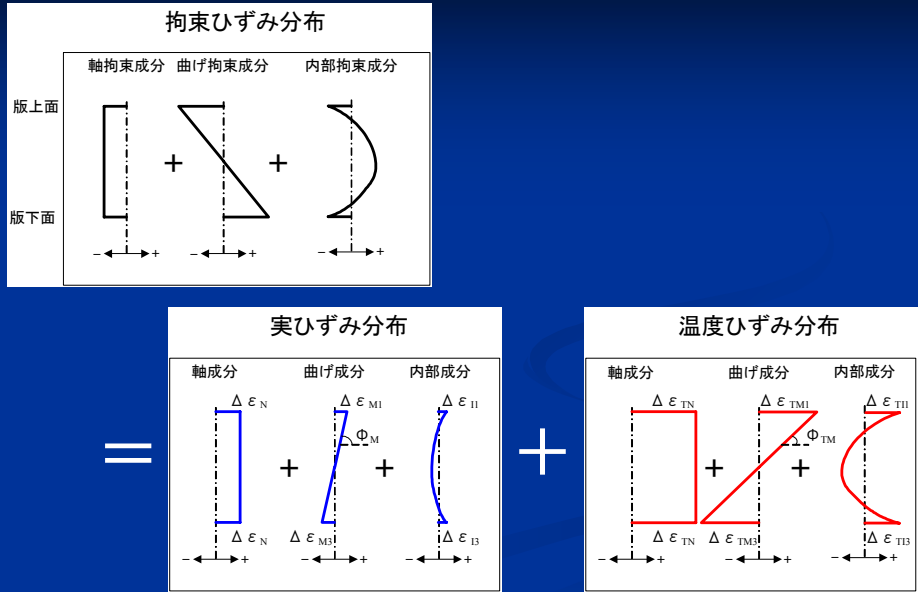
近似二次曲線とコンペンセーションライン



2007年12月 舗装工学講演会

9

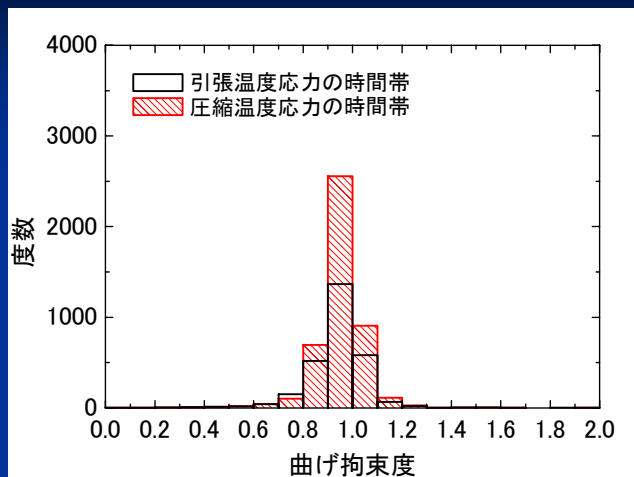
温度応力の算出



2007年12月 舗装工学講演会

10

試験舗装の曲げ拘束度

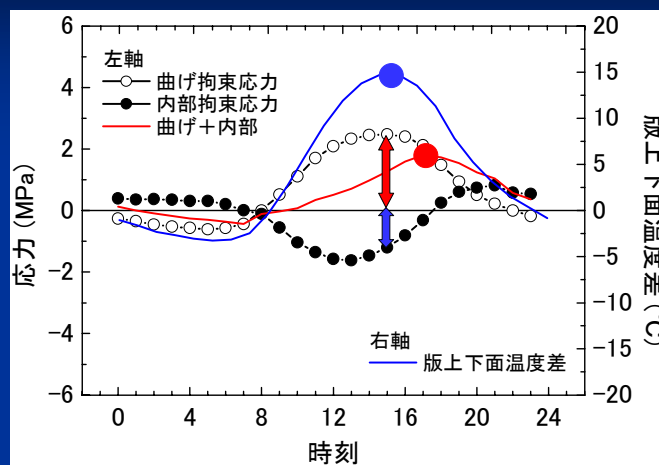


1年間毎時の曲げ拘束度

2007年12月 舗装工学講演会

11

温度応力の日変動

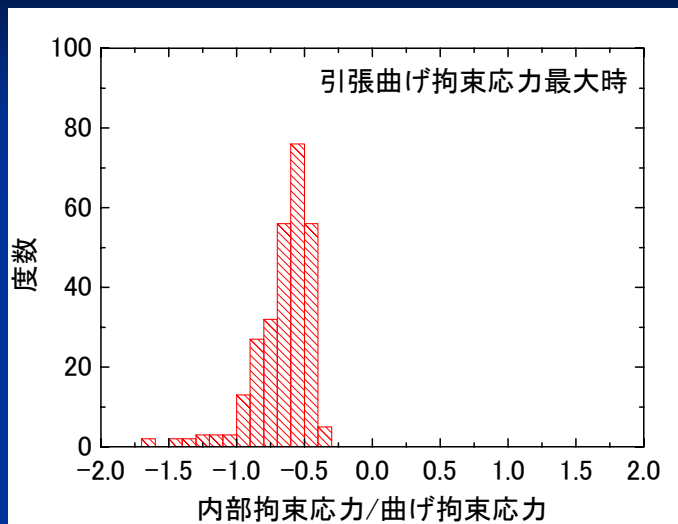


夏季のある1日の温度応力の変動

2007年12月 舗装工学講演会

12

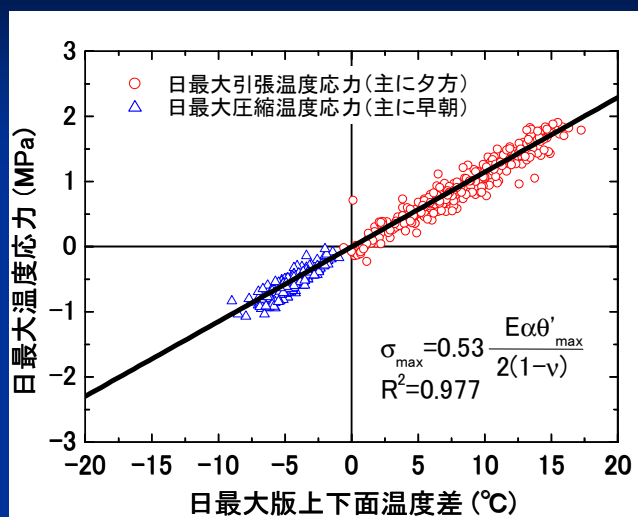
曲げ拘束応力と内部拘束応力



2007年12月 舗装工学講演会

13

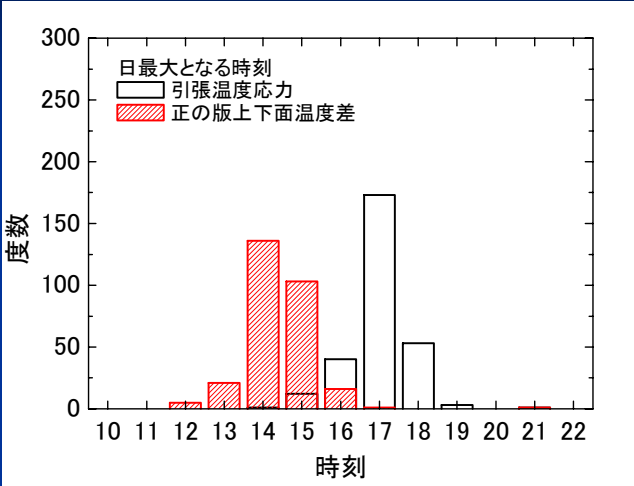
毎日の最大温度応力と最大版温度差の相関



2007年12月 舗装工学講演会

14

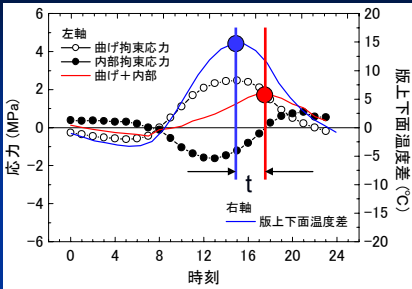
温度応力と版温度差が最大となる時刻



2007年12月 舗装工学講演会

15

X時における温度応力と(X-t)時における版上下面温度差との相関

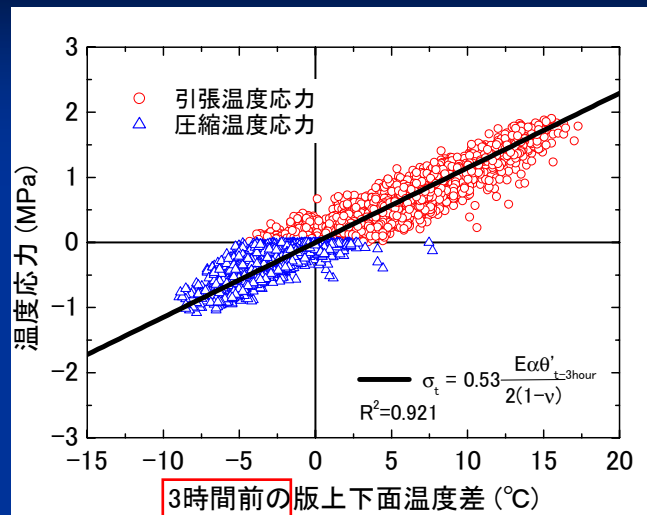


温度応力と版上下面温度差との時間差, t	決定係数R ²
2時間	0.90
3時間	0.92
4時間	0.82

2007年12月 舗装工学講演会

16

毎時の温度応力と版温度差の相関



2007年12月 舗装工学講演会

17

版厚と温度応力の関係

➤版厚を変化させた場合の版内部の温度解析

解析手法	1次元有限要素解析
気象条件	日射量, 気温
材料条件	路盤材料種別
	熱伝達係数, 熱伝導係数, 日射吸収率
構造条件	コンクリート版厚



版内部の温度分布を計算

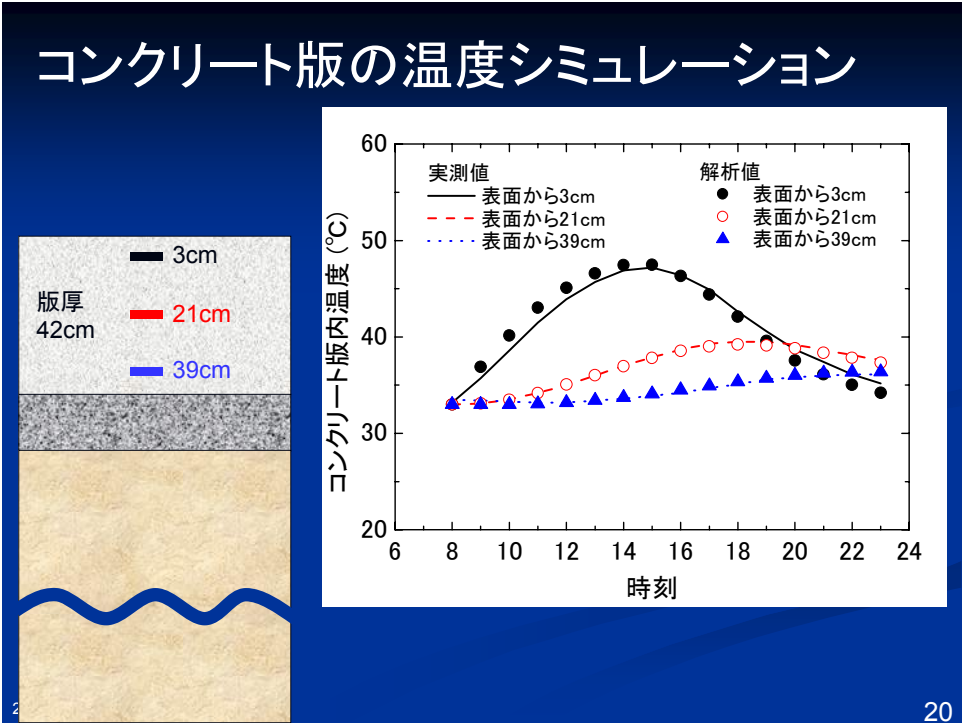
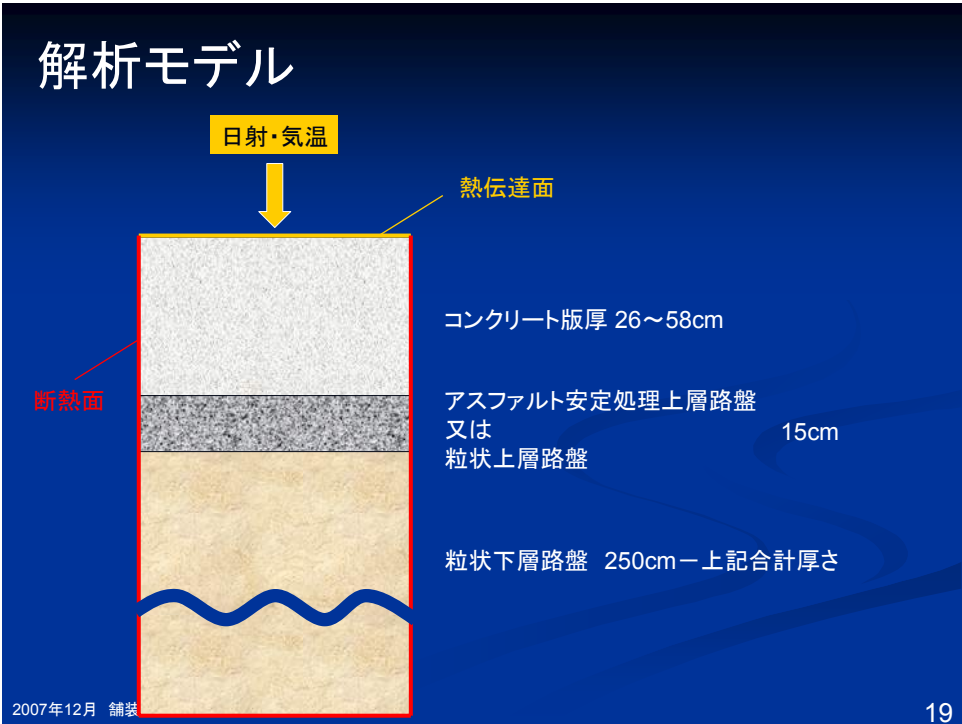


温度応力の推定

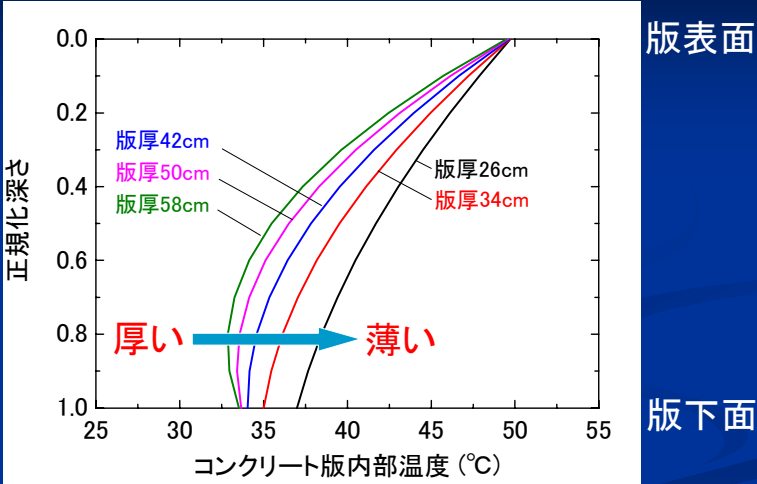
(曲げ拘束度が試験舗装と同程度と仮定)

2007年12月 舗装工学講演会

18

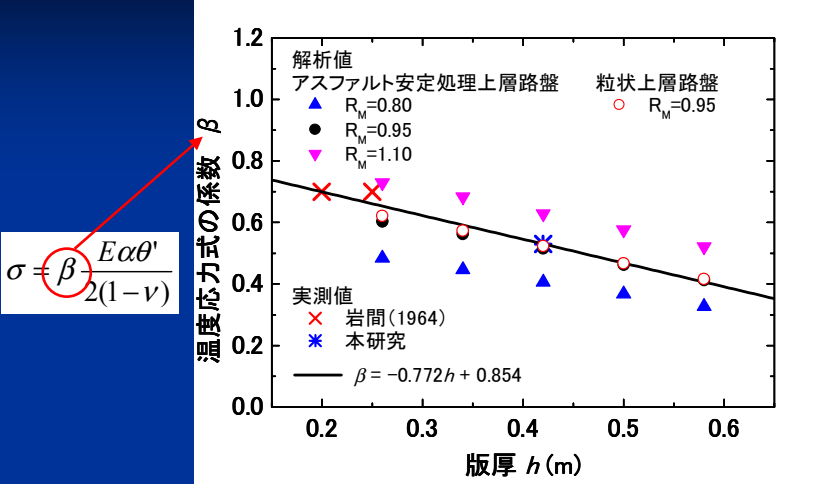


版内部の温度分布



版が厚くなるほど、深さ方向の温度分布は非線形

温度応力と版厚の関係



- ・版が厚くなるほど、温度応力式の係数は小さい
- ・路盤材料種別の影響は小さい

結論

- 版が厚いほど、曲げ拘束応力に対して内部拘束応力は大きくなる。
- 版上下面温度差を説明変数とする一次式により温度応力を精度良く推定できる。
- 厚さ42cmの版の場合、ある時刻の温度応力と、その3時間前の温度応力との相関が最も高い。
- 理論的な完全拘束条件の温度応力式に対する係数は、版厚に比例して小さくなる。
- 路盤材料種別の違いによる影響は小さい。