

# 空港コンクリート舗装の 温度応力に関する研究

空港研究部 空港施設研究室  
坪川将丈, 水上純一, 江崎徹  
港湾空港技術研究所  
八谷好高

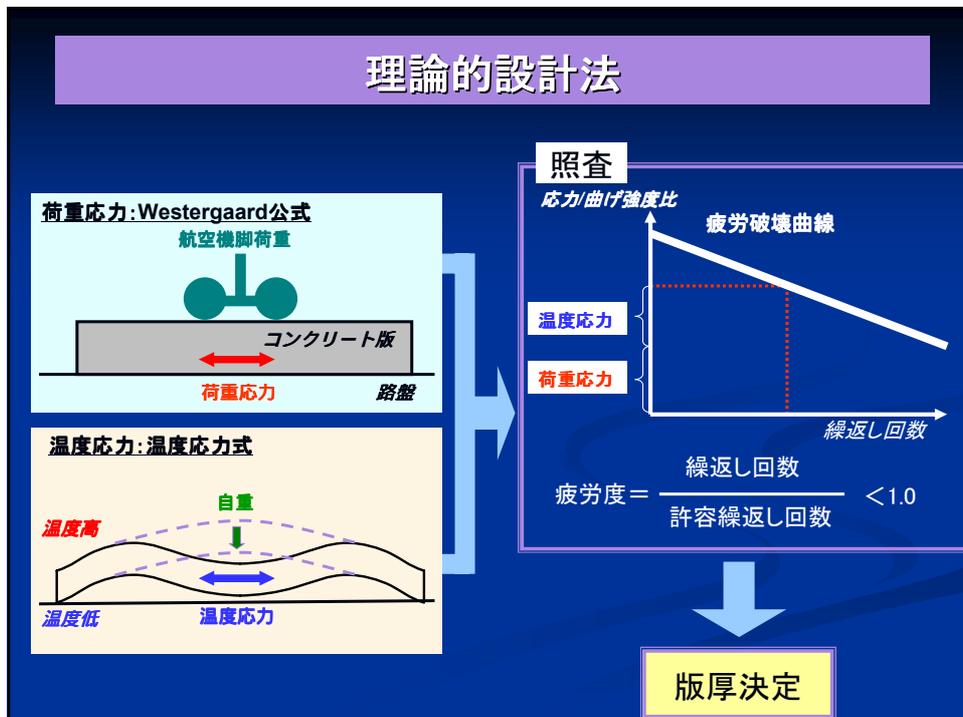
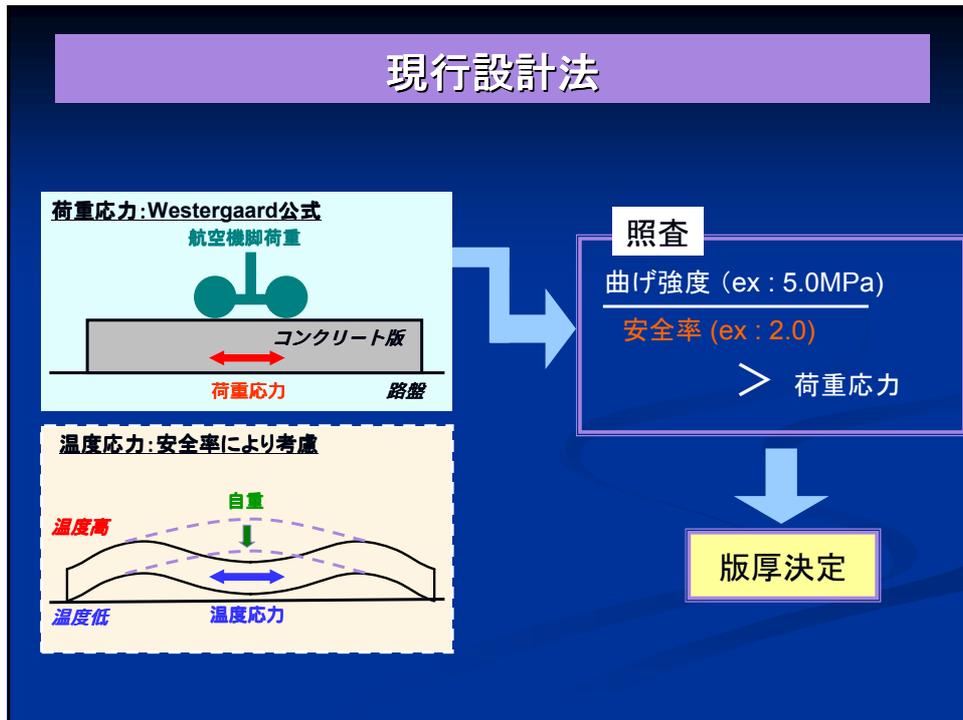
空港コンクリート舗装の理論設計法  
荷重応力の算出: 電算プログラムにて可能(福手, 1977)  
温度応力の算出: 空港の知見なし, 安全率で考慮

既往の研究  
道路舗装の温度応力: 岩間による温度応力式(1964)

問題点  
空港コンクリート舗装は道路舗装よりも厚い  
版上下面温度差と温度応力の時間差について考慮が不十分

目的  
空港コンクリート舗装に適用可能な温度応力式の提案

成果の活用  
空港コンクリート舗装のように版が厚い舗装に生じる  
温度応力の算出が可能となり, 理論的設計が可能



## 軸拘束応力

通常時



温度上昇時の変形(自由な変形)



実際の変形(拘束を受けた変形)



## 曲げ拘束応力

版上下面温度差=0



温度上昇時の変形(自由な変形)



実際の変形(拘束を受けた変形)

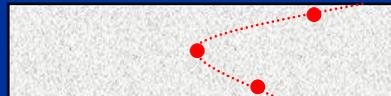


## 内部拘束応力

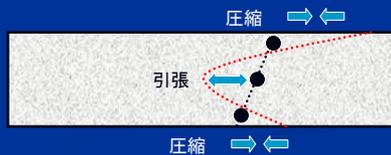
版上下面温度差=0



温度上昇時の自由な変形(ひずみは**非線形分布**)



実際の変形(ひずみは平面保持の原則から**線形分布**)



## 既往の研究

道路舗装では、岩間(1964)が  
20cm, 25cm版の長期観測から温度応力式を提案

中央部温度応力

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

$\sigma$ : 版中央部の温度応力 (MPa)  
 $E$ : 弾性係数 (MPa)  
 $\alpha$ : 熱膨張係数 ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )  
 $\theta'$ : 版上下面の温度差 ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $\nu$ : ポアソン比

曲げ拘束応力1.0に対して,  
内部拘束応力が-0.3



空港のように、版が厚いコンクリート舗装に  
適用可能な温度応力式が必要

## 検討手法

### ➤試験舗装製作

普通コンクリート 8.5m × 8.5m  
高強度コンクリート 7.5m × 7.5m

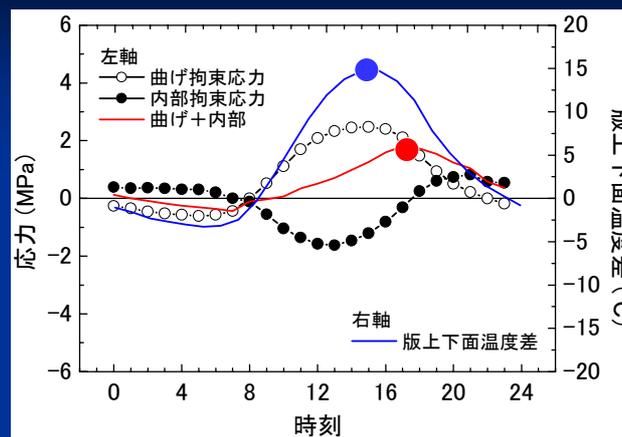
### ➤コンクリート材料

普通コンクリート  
版厚42cm, 弾性係数: 36,100 MPa  
高強度コンクリート  
版厚34cm, 弾性係数: 41,800 MPa

➤1年間にわたり, 版の温度とひずみを1時間毎計測

➤厚い版に生じる温度応力の傾向を把握, 温度応力式の提案

## 温度応力の日変動

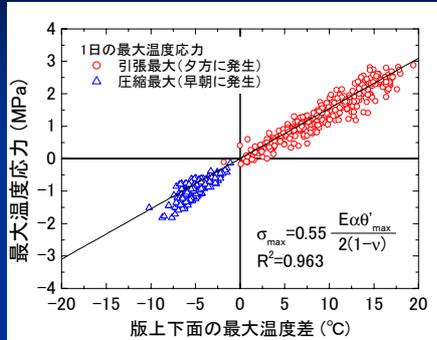


13時頃: 内部拘束応力最小

15時頃: 版上下面温度差最大, 曲げ拘束応力最大

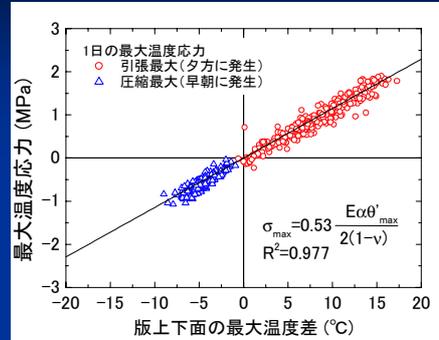
17時頃: 曲げ拘束応力最大

## 最大温度応力と最大版温度差の相関



版厚34cm

$$\sigma = 0.55 \frac{\alpha \cdot E \cdot \theta'}{2(1-\nu)}$$

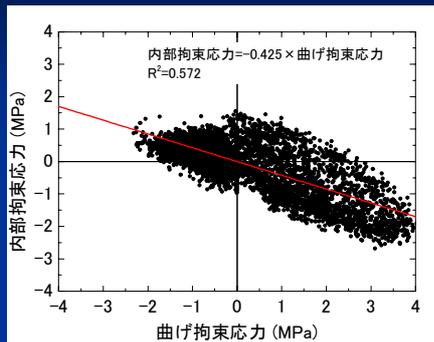


版厚42cm

$$\sigma = 0.53 \frac{\alpha \cdot E \cdot \theta'}{2(1-\nu)}$$

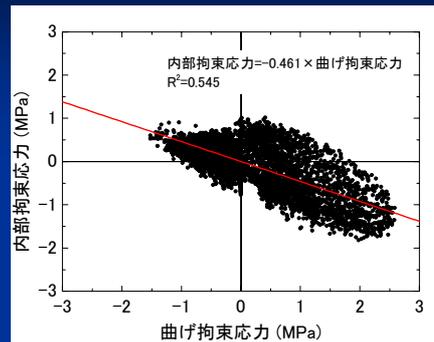
岩間の温度応力式よりも25%程度小さい。

## 内部拘束応力と曲げ拘束応力の関係



版厚34cm

$$\frac{\text{内部拘束応力}}{\text{曲げ拘束応力}} = -0.425$$

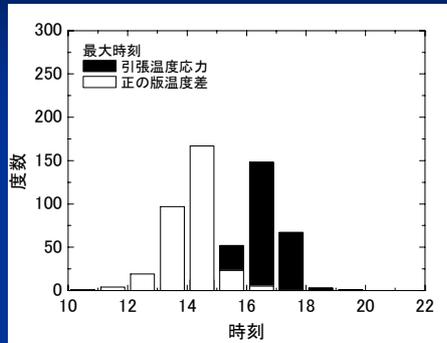


版厚42cm

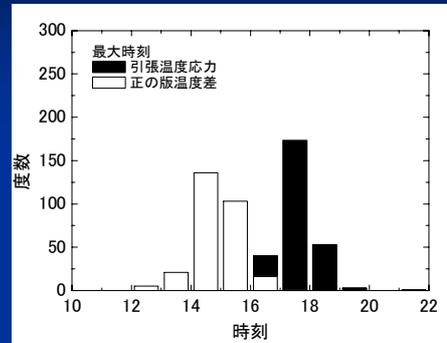
$$\frac{\text{内部拘束応力}}{\text{曲げ拘束応力}} = -0.461$$

版の厚いほうが内部拘束応力は大きい→温度応力は小さい

## 温度差と温度応力の時間差



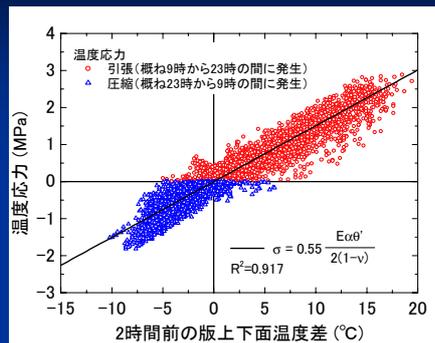
版厚34cm



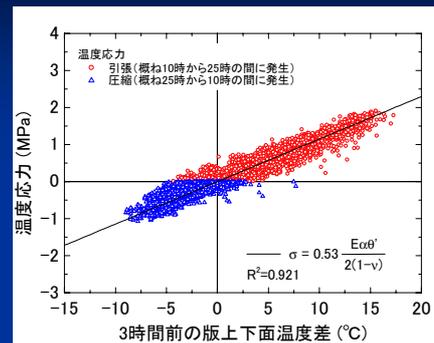
版厚42cm

版上下面温度差と温度応力の時間差は概ね2, 3時間程度

## 内部拘束応力と曲げ拘束応力の関係



版厚34cm



版厚42cm

数時間前の温度差を用いることで、精度良く推定可能。

## まとめ

- 空港コンクリート舗装の温度応力  
内部拘束応力が大. 温度応力は道路舗装よりも小.

- 空港コンクリート舗装用温度応力式の提案

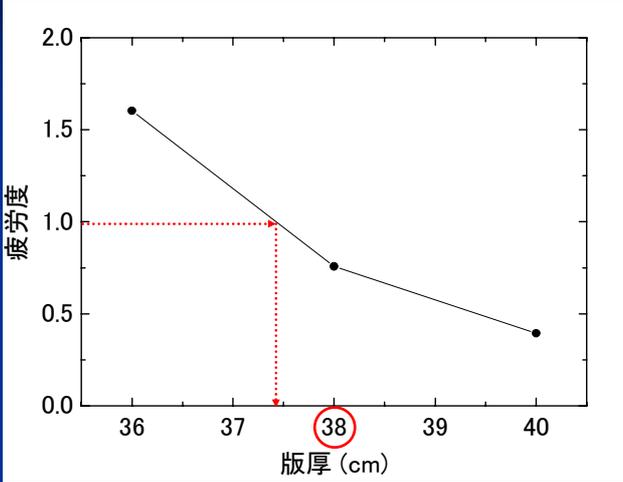
$$\sigma = 0.53 \frac{\alpha \cdot E \cdot \theta'}{2(1-\nu)} \quad (\text{版厚42cmの場合})$$

- 温度応力式に適用する温度差  
版温度差としては, 2-3時間前のものを入力

## 現行設計法と理論的設計法による試算

- ・コンクリート弾性係数: 34,000 MPa
  - ・コンクリートポアソン比: 0.15
  - ・路盤支持力係数: 70MN/m<sup>3</sup>
  - ・設計年数: 10年
  - ・設計航空機荷重区分: LA-1
  - ・設計反復作用回数: 20,000回
- ➡ 現行設計法による版厚  
42cm
- ・設計離陸回数 = 設計着陸回数 (回/年)  
B747-400: 10,000      B747-400D: 80,000  
DC-10: 23,000      A-300: 50,000,  
A-320: 35,000      DC-9: 60,000
  - ・昼(10時~25時)夜(25時~10時)交通量割合: 9:1
  - ・横断方向標準偏差: 50cm
  - ・コンクリート破壊規準: 土木学会コンクリート標準示方書【舗装編】
  - ・設定破壊確率: 1%

# 現行設計法と理論的設計法による試算



現行設計法による版厚: 42cm  
疲労設計による版厚: 38cm

4cm減