

## 熱赤外線画像による 層間剥離検出手法の適用可能時期の検討

国土技術政策総合研究所  
九州地方整備局

○坪川将丈, 水上純一  
江崎徹

### 背景

#### 層間剥離検出手法



打音法



Chain drag

人力, 経験に  
頼るところ大



赤外線法

迅速な調査

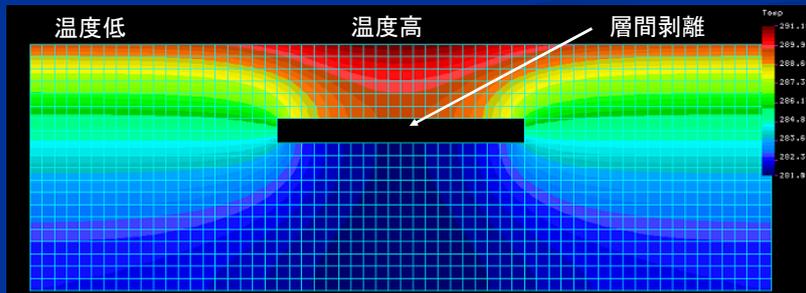
## 赤外線法

剥離部／健全部の温度差

剥離部の空気層により断熱されるため、  
剥離直上部は「熱しやすく冷めやすい」状態

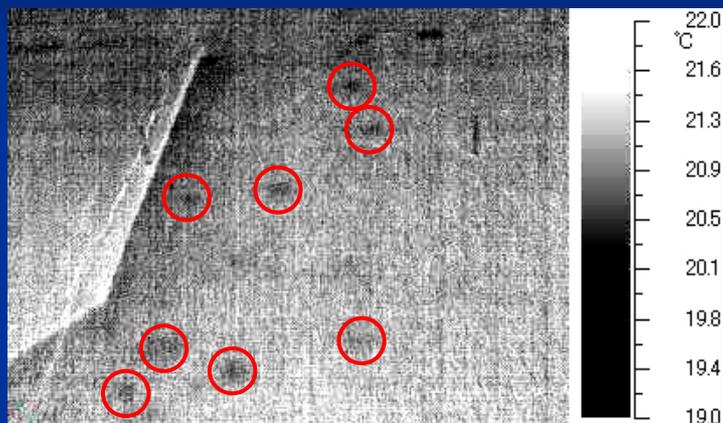
- ・昼間(温度上昇期)      剥離部温度 > 健全部温度
- ・夜間(温度下降期)      剥離部温度 < 健全部温度

温度上昇期の舗装温度解析例



## 空港における適用例

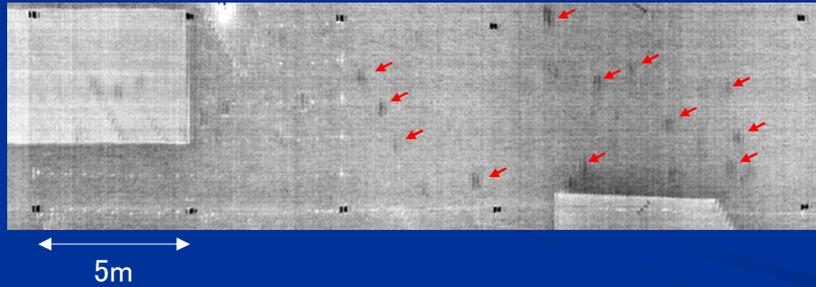
時速10kmで走行しながらの動画像



舗装温度差の撮影は気象条件に左右される

## 空港における適用例

時速10kmで走行しながらの動画像



## 目的・検討手法

赤外線法が適用可能な気象条件の検討



2次元FEMによる舗装温度解析

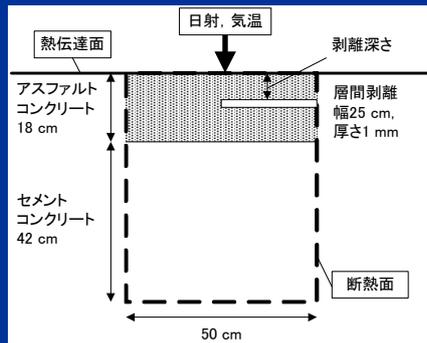
入力項目:実際の気象条件(気温, 風速, 日射量)  
出力項目:層間剥離に起因する舗装表面温度差



調査当日に発生する舗装温度差予測式の検討  
都市別/月別の調査可能日数の検討

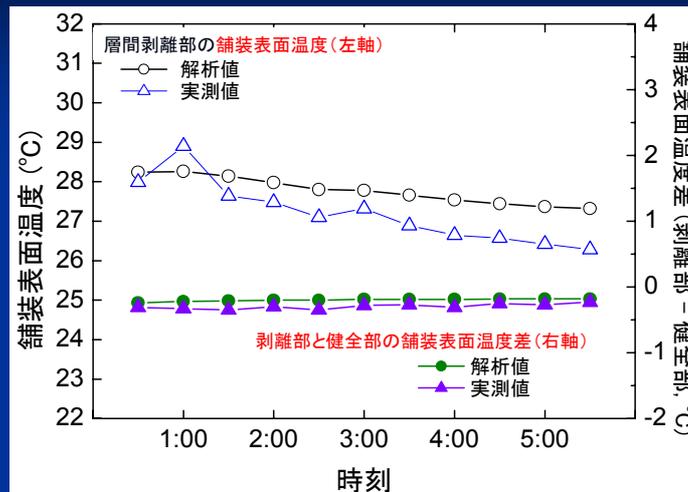
## 舗装温度解析

対象都市:札幌, 仙台, 新潟, 東京, 大阪, 那覇  
 気象条件:夏季(6-8月), 秋季(9-11月)の晴天時, 曇天時  
 解析手法:2次元FEMにより熱伝導, 熱伝達, 熱放射を考慮  
 層間剥離深さ:8cm(標準の一層最大施工厚)

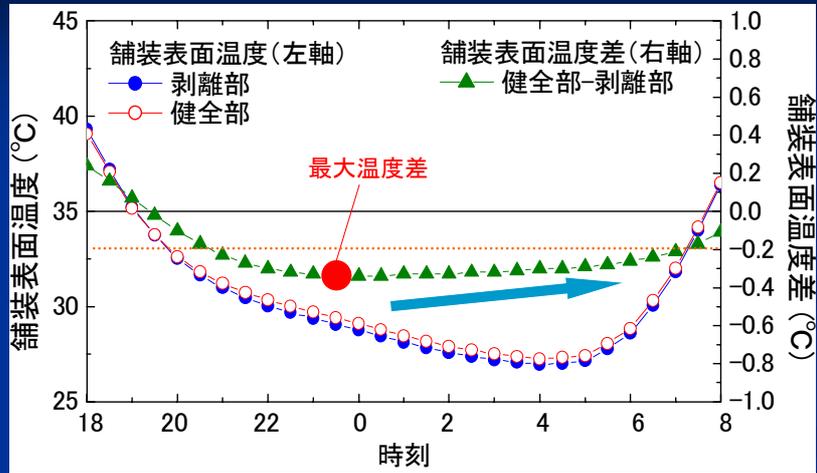


項目		備考	
アスコン	熱伝導率	1.11 (W/m·K)	室内実測値 (JIS A 1412-2, 40°C)
	比熱	0.89 (kJ/kg·K)	室内実測値
	輻射率	0.92	室内実測値 (JIS R 3106, 3107)
	日射吸収率	1.0	文献 <sup>2)</sup>
	熱伝達率	$7.8+4.5v$ (W/m <sup>2</sup> ·K) v: 風速 (m/s)	コンクリートを対象とした式 <sup>2)</sup>
コンクリート	熱伝導率	1.20 (W/m·K)	文献 <sup>3)</sup>
	比熱	0.90 (kJ/kg·K)	

## 実測値と解析値の比較

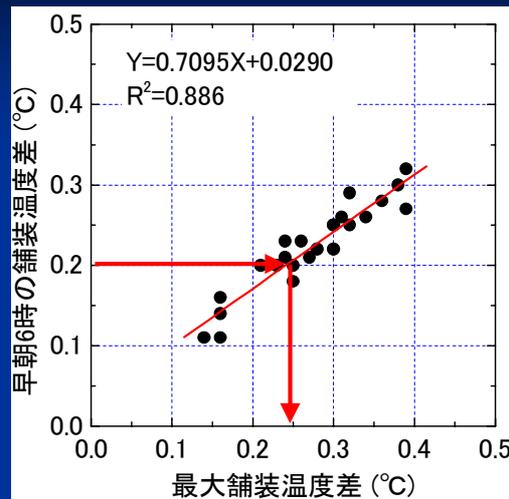


## 舗装表面温度の変化



舗装温度差は深夜から早朝にかけて低下傾向

## 最大温度差と早朝温度差との関係



最も厳しい早朝でも0.2°Cの温度差が確保されるためには、  
深夜の最大温度差が0.25°C程度以上であることが必要

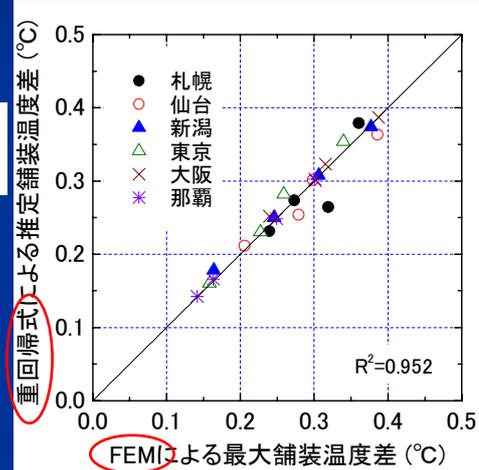
## 重回帰分析結果

各都市の気象条件から解析した  
 最大温度差を目的変数として重回帰分析を実施

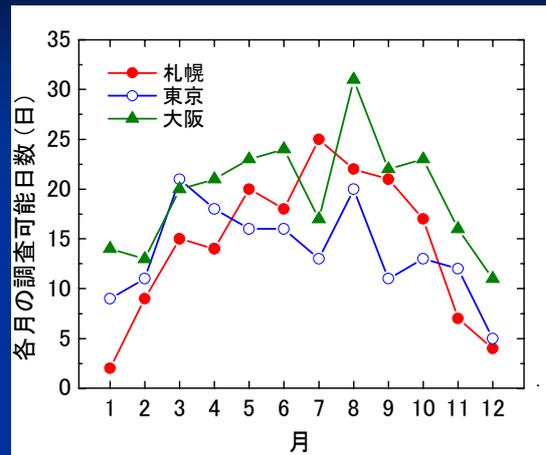
$$\Delta T_{pav} = 0.01335\Delta T_{air} + 0.02944Q - 0.01743v + 0.12282$$

- $\Delta T_{pav}$  最大舗装表面温度差(°C)
- $\Delta T_{air}$  一日の気温差(°C)
- $Q$  日中の積算日射量(kW・h/m<sup>2</sup>)
- $v$  一日の平均風速(m/s)

N=24(6都市×天候4条件)



## 調査可能日数の検討



調査可能日: 早朝6時の時点で0.2°C以上の  
 舗装温度差が生じている日(雨天含む)

## まとめ

1. 気象条件を入力することにより, 層間剥離に起因する最大舗装温度差を推定する回帰式を得た.  
これによれば
  - ・一日の気温差: 大
  - ・日中の積算日射量: 大
  - ・風速: 小が, 赤外線法に好ましい気象条件である.
2. 比較的高緯度の地域でも,  
春から秋にかけて調査が可能である.