

# 舗装熱を利用したサーモグラフィー法による床版内部の欠陥形態と検出限界

中央工学校 正会員 金光 寿一  
 日本大学 正会員 柳内 睦人  
 三島市役所 非会員 山本 欣徳

## 1. はじめに

近年、道路橋床版では初期欠陥・損傷・劣化を要因とする剥落事例が数多く報告されている。その診断手法の一つであるサーモグラフィー法では、対象となる床版下面は日陰となり検出に必要な熱源の確保が問題となっている。そこで、本研究ではアスファルト改修工事時の舗装熱を熱源として床版内部の各種変状部と表面温度の関係を検討した。その結果、舗装熱の熱伝達から熱画像には欠陥の傾きに対応した表面温度分布が確認され、内部に潜在する欠陥、表面に接している欠陥を区別できることが確認された。舗装熱を利用する有効性は、パッシブ法との比較、非定常熱伝導解析から明らかにしている。

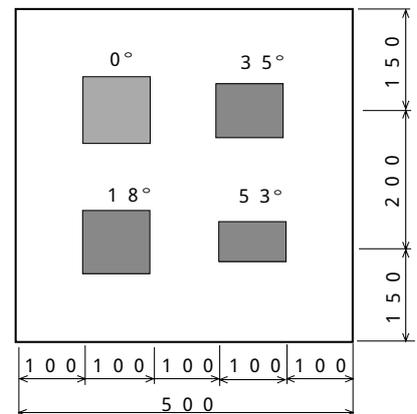
## 2. 実験概要

### 2.1 試験体及び欠陥形態

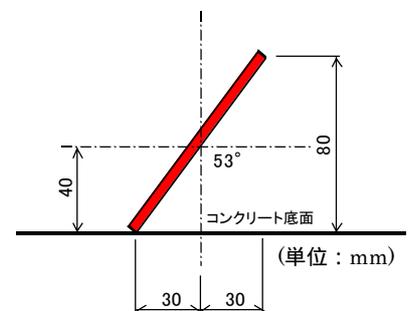
実験に供した試験体及び傾きを変えて作製した欠陥一覧を表-1 及び欠陥配置を図-1(a), (b)に示す。試験体は、500×500mmの正方形で、厚さは200mmである。RC床版内部の空洞・空隙を想定した擬似欠陥は、発泡スチロールを加工して、コンクリート下面から40mm(表面間寸法)の位置を中心として傾きを与えた。その大きさは100×100×3mmの直方体とし、傾きを0°(水平)、18°、35°、53°(表面に接触)の4種類とした。欠陥記号SFの後の数字は欠陥の傾きを示し、図-1(a)に示す欠陥の傾きは図の下側が開いた方向である。なお、試験体は測定面以外からの熱の流入を遮断するため、側面に厚さ50mmの発泡スチロールを貼付けている。

表-1 欠陥一覧

欠陥記号	欠陥傾き (°)	欠陥寸法(mm)		中心深さ (mm)
		大きさ(水平)	厚さ	
SF-0	0	100	3	40
SF-18	18	95		
SF-35	35	82		
SF-53	53	60		



(a) 欠陥位置



(b) 傾き 53° (SF-53)

図-1 試験体及び欠陥形態

### 2.2 アスファルト舗装

試験体への舗装は、防水工、SMA舗装及び排水性舗装の2層仕上げを想定し、繰り返して実験を行うためにISO標準砂を代用して温度管理を行った。図-2に舗装熱から得られたコンクリート上面温度を熱電対で測定した時系列変化を示す。なお、コンクリート表面には実橋梁施工で行われているエポキシ樹脂プライマー処理後に塗膜系の防水加工を施し温度管理は砂の厚み及び砂上を断熱材で覆うことで調整している。そのISO標準砂の厚みは、1層が80mm、2層が60mmである。

### 2.3 熱赤外線センサによる測定方法及び条件

熱赤外線センサ〔2次元非冷却マイクロボロメータ型、波長領域 8.0~14.0μm、感度 0.15 (at30°)〕による温度測定は、高さ 2.0mのL形鋼で試験体を支え、測定距離 1.35mの真下の位置からパッシブ法では8月29日の9:00-21:00までの12時間を、また舗装熱では8月7日の10:00~20:00までの10時間を10分間隔で熱画像を得ることにした。

キーワード：サーモグラフィー法、舗装熱、RC床版、欠陥検出、非定常熱伝導解析

連絡先：〒114-8543 東京都北区王子本町1-26-17 中央工学校土木科 TEL03-3906-1211 E-mail: kanamitu\_j@chuoko.ac.jp

### 3. 実験結果

#### 3.1 熱画像の相違

写真-1(a)はパッシブ法で得られた 11:50 の熱画像，写真-1(b)は図-2 に示す舗装熱の熱伝達から得られた 1 層舗設後 520 分の熱画像である．パッシブ法の欠陥評価では，気温の上昇時は空洞・空隙を有する欠陥部の表面温度が健全部より高温域となるが熱画像は均一で視覚的に欠陥を確認することは困難である．一方，舗装熱では熱伝達が欠陥部で阻害されるため欠陥部下面に低温域が現れていることが確認できる．図-3(a), (b)は両者の各欠陥部と健全部との温度差を時系列で示したものである．視覚的に検出可能な温度差は，これらの温度差と熱画像とを比較した結果， $\pm 0.5$  は必要と思える．従って，パッシブ法は検出が困難であり，舗装熱では  $-0.5$  となる約 100 分経過後から測定を終了した 600 分後まで長時間検出可能であることが分かる．

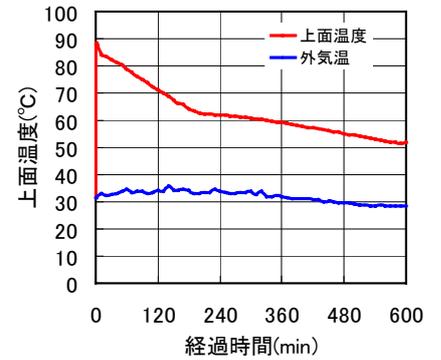


図-2 コンクリート上面温度

#### 4. 数値シミュレーション

三次元非定常熱伝導解析には，汎用 FEM プログラム COSMOS/M Ver2.7 を使用して，図-1 の試験体をモデル化し，コンクリート上面からの舗装熱に対し欠陥の傾きがコンクリート下面の温度変化にどのように影響を及ぼすのか検討した．

##### 4.1 シミュレーション結果

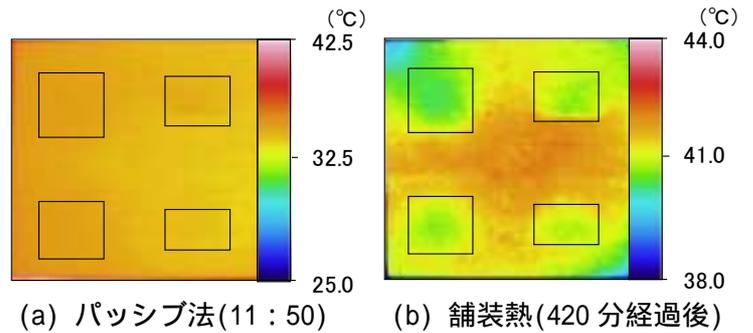
熱負荷条件は図-2 で得られた上面温度を直接供給し，熱伝達係数はシミュレーションを繰り返して実験値の健全部の表面温度に近似するように設定した．図-4 に 520 分経過後に得られた最大温度差時の表面温度分布を示す．また，図-5 には X1 及び X2 方向で切断して得られた表面温度分布を示す．

その結果，図-4 では写真-1(b)と同様に欠陥部に低温域が再現されていることが分かる．

また，図-5 に示す SF-53 は，健全部との境界である接地箇所では表面温度が急激に変化していることが分かる．従って，熱画像から得られる画素温度の行及び列毎の温度分布変化を比較することで内部に潜在する欠陥か，あるいは表面から発生している欠陥かを判別することが可能である．

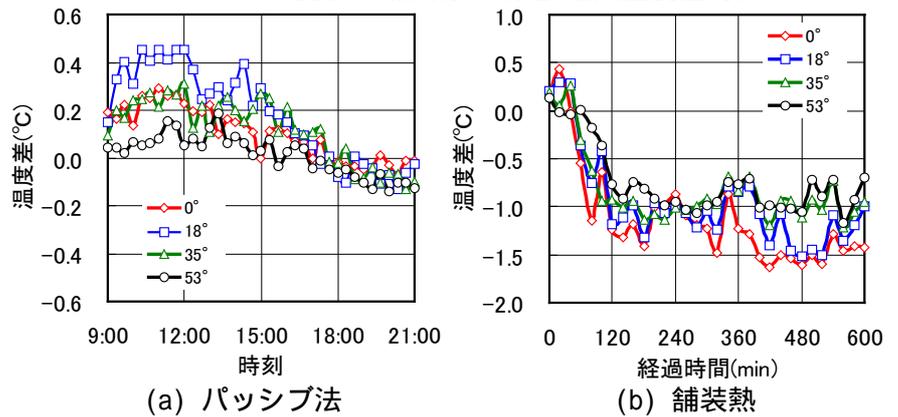
#### 5. まとめ

(1)パッシブ法では，床版下面が日陰となるため深さ 40mm に位置する欠陥は検出できない．(2)舗装熱では，表面温度分布の変化量から，表面から発生している欠陥部と内部に潜在している欠陥部を判別できる．



(a) パッシブ法(11:50) (b) 舗装熱(420分経過後)

写真-1 熱画像の相違(最大温度差時)



(a) パッシブ法

(b) 舗装熱

図-3 温度差の相違

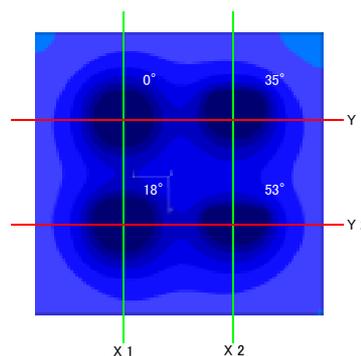


図-4 表面温度分布(520分後) 図-5 表面温度分布変化(520分後)

