

舗装熱を利用したサーモグラフィー法によるひび割れ形態と検出評価

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、床版下面が日陰となるため検出に必要な熱源の確保と変状部か否かの判定評価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 RC 梁に発生した様々なひび割れから、そのひび割れ形態と表面温度変化との関係を検討した．その結果、舗装熱の熱伝達から熱画像にはひび割れの傾き及び発生形態に対応した表面温度変化が確認され、パッシブ法との比較から舗装熱の有効性が確認された．なお、舗装熱の熱伝達は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 試験体及び静荷重載荷実験

試験体は、長さ 2,800mm、幅 300mm、高さ 210mm で主鉄筋には D16 を 3 本使用し、せん断補強鉄筋は配置していない(図-1 参照)．なお、静荷重載荷実験は支間 2,000mm の中央に車輪(直径 400 mm、幅 250mm)を停止した状態でを行い終局耐力まで載荷した．

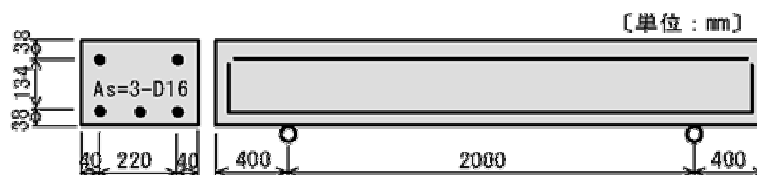


図-1 試験体及び鉄筋配置

2.2 舗装条件及びサーモグラフィー法の測定方法

試験体への舗装は、SMA 舗装及び排水性舗装の 2 層仕上げを想定し、ISO 標準砂を代用して温度管理を行った．コンクリート上面には防水加工を施し温度管理は砂の厚み及び砂上写真-1 ひび割れ発生状況(側面中央部 750mm)を断熱材で覆うことで調整した．砂の厚みは、1 層が 80mm、2 層が 60mm である．熱赤外線センサ[2 次元非冷却マイクロメータ型、応答波長領域 8.0 ~ 14.0 μm 、感度 0.15 (at30)]による温度測定は、高さ 2.3m の L 型鋼で試験体を支え、測定距離 1.65m の真下の位置からパッシブ法では 9:30 から、また舗装熱では 12:00 から 10 時間連続して時系列の熱画像を得ることにした．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．

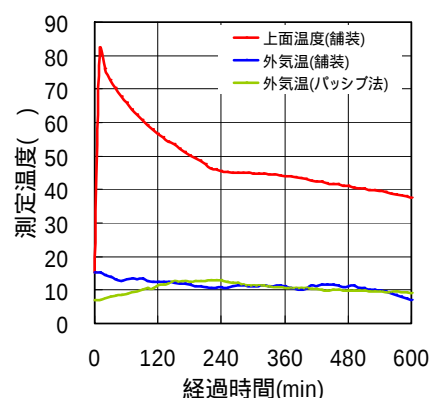


図-2 測定温度

3. 実験結果

3.1 熱画像の相違

写真-1 はひび割れ発生状況である．その最大ひび割れ幅は、側面で 0.3mm であった．図-2 は舗装熱から得られたコンクリート上面温度と外気温及びパッシブ法の外気温を熱電対で測定した時系列変化である．写真-2(a),(b)にはパッシブ法及び舗装熱から得られた最大温度差時の熱画像を示す．その結果、パッシブ法で得られた 12:10 の熱画像はひび割れ位置に帯状の高温部を確認することはできるが、側面(内部)に進展しているひび割れには対応していない．一方、舗装熱で得られた 1 層舗設後 360 分経過時の熱画像は、内部のひび割れ部で熱移動が遮断されひび割れ進展状況に対応した低温域が確認できる．

キーワード：サーモグラフィー法、舗装熱、道路橋、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

3.2 温度変化とひび割れ状況

図-3(a), (b)は試験体の長手方向中心部を切断して得られた温度変化である。パッシブ法の温度変化からの評価では温度差も小さく、しかも評価可能な時間帯は12:10のピークを前後に非常に短時間であることが分る。

一方、舗装熱の温度変化は写真-1に示すひび割れ領域に対応した低温域が確認され、温度変化の勾配から内部のひび割れ進展状況を推定することができる。その評価可能な経過時間は、約100分経過後から400分間以上可能である。

4. 数値シミュレーション

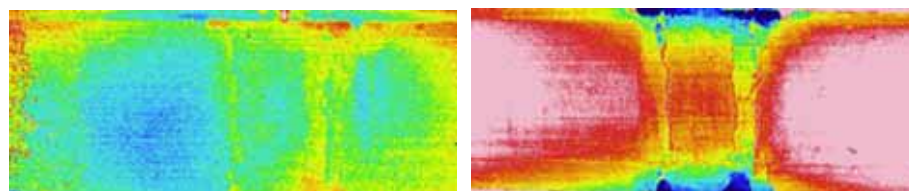
三次元非定常熱伝導解析では、欠陥の傾きと温度変化を検討した。モデル化した試験体は $500 \times 500 \times 200\text{mm}$ 、欠陥は $100 \times 100 \times 3\text{mm}$ で深さ40mmの位置を基点に傾きを与えている(図-4参照)。供給熱は図-2の上面温度を直接供給し、熱伝達係数はシミュレーションを繰返して実験値の健全部の表面温度に近似するように設定した。

4.1 シミュレーション結果

図-5(a), (b)にシミュレーションと実験値との比較及び図-4(a)に示す欠陥中心位置を切断した表面温度変化を示す。その結果、図-5(b)では写真-2(b)及び図-3(b)で確認できるように、表面に接している 53° と健全部との境界部で表面温度が急激に変化することが再現されている。従って、舗装熱を利用することで、その温度変化から内部に潜在している欠陥が、あるいは表面から内部まで発生している剥離なのか、またその方向まで評価し判定することができる。

5. まとめ

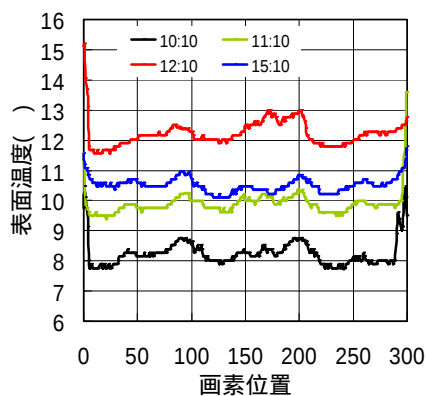
(1)パッシブ法の熱画像では、下面が日陰となるためひび割れの進展状況までの検出は困難であり、検出時間帯も短い。(2)舗装熱では、表面温度分布の変化量及び温度勾配からひび割れの領域や方向まで判定評価できる。(3)舗装熱の利用は、天候に左右されることなく長時間の検出時間が確保できる。



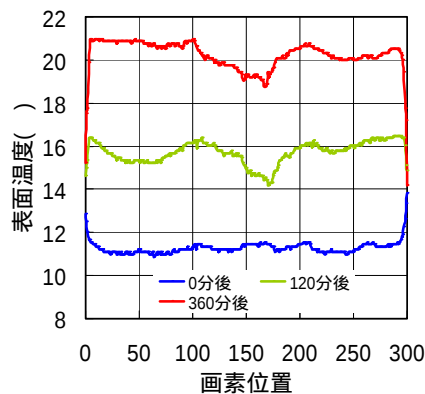
(a)パッシブ法(12:10)

(b)舗装熱(360分経過後)

写真-2 熱画像の相違(中央部)

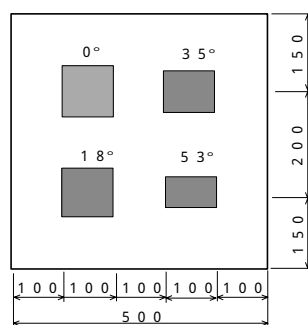


(a)パッシブ法

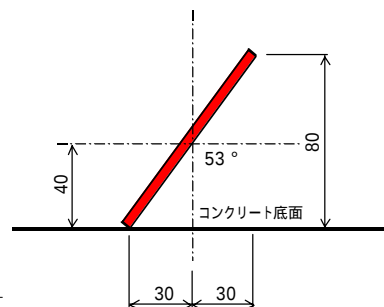


(b)舗装熱

図-3 温度変化(長手方向中心部支点間)

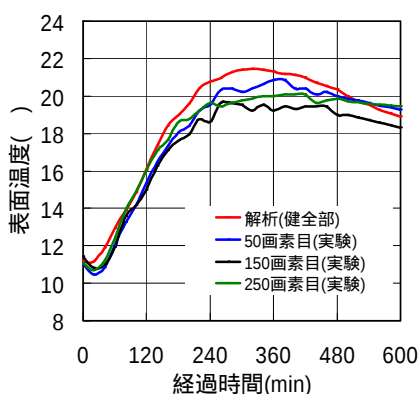


(a)試験体

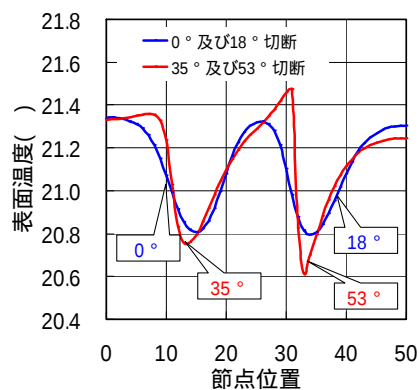


(b)欠陥モデル(傾き 53°)

図-4 シミュレーションモデル



(a)表面温度の比較



(b)欠陥の傾きと温度変化

図-5 シミュレーションによる温度変化