

## 異時点間の赤外線画像を用いたコンクリート欠損の検出

### Detection of Concrete Defects using Different Time Series Infrared Image Data

○渡邊月子\*・島本由麻\*\*・鈴木哲也\*

Tsukiko Watanabe, Yuma Shimamoto and Tetsuya Suzuki

#### 1. はじめに

コンクリート水利施設に代表される脆性材を用いた構造物では、ひび割れ損傷の顕在化が既存施設の性能低下の指標である。近年、非破壊検査技術の普及により赤外線画像によるひび割れ損傷を含む欠損診断が行われている<sup>1),2)</sup>。赤外線画像の利点は、非破壊かつ非接触による欠損検出が可能である点にある。計測原理は伝熱工学を基礎とする理論が適用されるが、野外環境での計測では異時点データの取り扱いや環境ノイズ処理について詳細に検討する必要がある。

筆者らは、空間統計手法を用いた環境ノイズの除去や検出精度の改善法を提案している<sup>3),4),5)</sup>。

本報では、表面水分状態の異なる赤外線画像の異時点データに着目し、その差分と差分 2 乗値によるひび割れ欠損検出精度の改善を試みた結果を報告する。

#### 2. 実験方法

計測対象は、実験室内で曲げひび割れを施した角柱供試体（100 mm×100 mm×400 mm）である。ひび割れ幅は約 0.1～0.2 mm である。赤外線計測には、UAV（DJI MATRICE 100）に搭載した可視画像カメラ（DJI ZENMUSE X5、画素数：4,608×3,456）と赤外線サーモグラフィカメラ（DJI ZENMUSE XT、画素数：336×256）

を用いた。本検討ではコンクリートの表面状態の違いに着目し、乾燥条件と湿潤条件の赤外線画像の差分と差分 2 乗を試み、ひび割れ損傷の検出精度の改善を検討した。

#### 3. 理論的背景

コンクリート表面状態は赤外線画像に影響を与える。コンクリートが乾燥状態の場合、比熱  $C$  は 0.88 kJ/(kg・K) である。それに対して湿潤状態の場合、1.27 kJ/(kg・K) である。両状態の密度  $\rho$  も異なる（乾燥状態：2,000 kg/m<sup>3</sup>、湿潤状態：2,300 kg/m<sup>3</sup>）ことから、その積である  $C\rho$  を考慮すれば、同一物質だとしても水分状態により赤外線画像が異なり、その特徴量からコンクリート物性や環境ノイズ、ひび割れなどの検出・評価精度を改善できるものと考えられる。特に、ひび割れ損傷は、空気と同一であり、比熱 1.01 kJ/(kg・K)、密度 1.251 kg/m<sup>3</sup> となる。

#### 4. 結果および考察

検討結果のヒストグラムを図-1～図-3 に示す。乾燥時の赤外線データでは、ひび割れ損傷が顕在化した損傷部とそれ以外の無損傷部において計測値の重なりがあり明確な差異を確認することは困難であった（図-1 (a)）。湿潤時は、乾燥時とは異なり、若干の差異が確認された（図-1 (b)）。これは、損傷部に水分 ( $C\rho$  :  $4.18 \times 998 = 4.1 \times 10^3$ ) が蓄積されたことにより、

\*新潟大学農学部生産環境科学科 Faculty of Agriculture, Niigata University.

\*\*北里大学獣医学部生物環境科学科 School of Veterinary Medicine, Kitasato University.

キーワード：赤外線画像、コンクリート欠損、異時点データ、非破壊検査

湿潤コンクリート ( $C_p: 1.27 \times 2,300 = 2.9 \times 10^3$ ) の 1.4 倍の  $C_p$  であることが影響していると考えられる。

そこで乾燥時と湿潤時の差分処理を施した結果、湿潤時 (図-1 (b)) と比較して、より明確な損傷部の抽出が可能となった (図-2)。乾燥コンクリートと湿潤コンクリートの  $C_p$  の差は  $\Delta 1.2$  である。差分 2 乗処理は図-2 をより強調したものである (図-3)。差分処理後の、赤外線画像の再合成画像を図-4 に示す。再合成画像中央部 (白色部) に曲げひび割れが明確になっていることが確認できる。

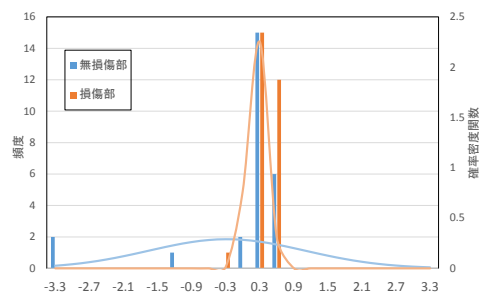
これらのことから、赤外線画像を用いたコンクリート欠損検出には、計測対象の水分状態の異なる異時点データの比較 (本研究では差分処理, 差分 2 乗処理) が有効であると考えられる。

## 5. まとめ

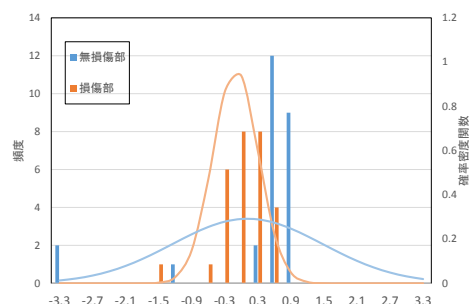
本報では、表面水分状態の異なる赤外線画像の異時点データに着目し、その差分と差分 2 乗値によるひび割れ欠損検出精度の改善を試みた結果を報告した。検討の結果、計測対象の比熱と密度の異なる状態の赤外線画像を比較することで欠損検出精度の改善が可能であることが示唆された。

## 引用文献

- 1) (一財) 日本非破壊検査協会: 赤外線サーモグラフィ I, 2011.
- 2) (一財) 日本非破壊検査協会: 赤外線サーモグラフィ II, 2012.
- 3) 鈴木哲也, 青木正雄, 大津政康: バリオグラムによる表面被覆工を施したコンクリートの熱特性評価, コンクリート工学年次論文集, 30 (2), pp. 763-768, 2008.
- 4) 鈴木哲也, 大津政康, 青木正雄: Kriging 処理を施した赤外線画像によるコンクリート欠損検出, 土木構造・材料論文集, 26, pp. 112-117, 2010.
- 5) 小林秀一, 鈴木哲也, 森井俊広: 熱画像データを用いた鋼矢板 - コンクリート複合材のひび割れ検出, コンクリート工学年次論文集, 36 (1), pp. 1996-2001, 2014.



(a) 乾燥時



(b) 湿潤時

図-1 赤外線データ分布 (生データ)

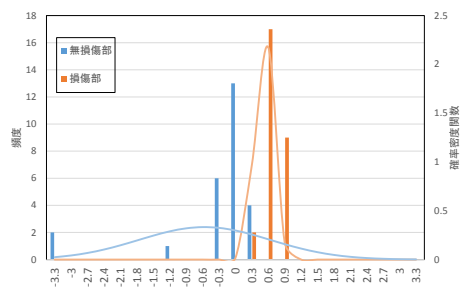


図-2 赤外線データ分布 (差分データ)

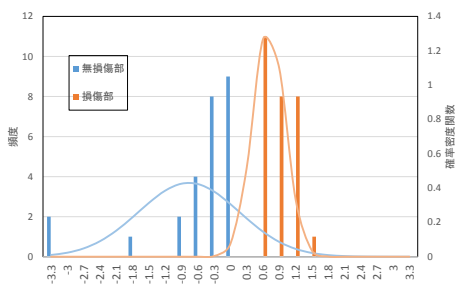


図-3 赤外線データ分布 (差分 2 乗データ)

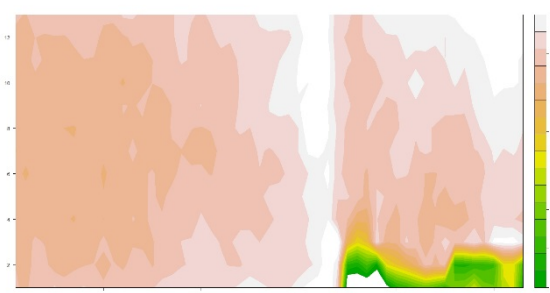


図-4 赤外線再合成画像 (差分データ)・例