

コンクリートの内部欠陥検出を目的とした赤外線画像への画像処理法の適用について

ケミカル工事 正会員 ○横田聖剛* 國川正勝* 奥谷尚宏*
アークコンサルタント 正会員 今西直人**

1. はじめに コンクリート構造物に存在する初期欠陥を発見し、浮きやひびわれなどの劣化部の発生・成長の過程を監視して劣化の進行状態を把握することは、構造物の保守・延命を効果的に行いひいてはライフサイクルコストを少なくする上で重要である。このような目的で用いる方法は、対象構造物の量が膨大であるので地上から簡便に実行でき、かつ構造物の劣化状況を過去と比較ができることが重要である。そして、赤外線画像による構造物の劣化管理は、これらのニーズに合致しているものであると考えられる。

しかし、赤外線画像上の色の濃淡から目視のみで劣化部を検出する方法は、劣化部が常に鮮明に現れるわけではないので、多分に観測者の勘と経験に負うところが大きく、検出精度も十分に高いとはいえない。また、日照、気温などの多くの観測条件が揃ったときにおいて劣化部の検出が容易に行えるから、気象条件に大きく影響を受けて赤外線カメラの稼働率も比較的低いものとなっている。

そこで、本検討では、赤外線画像に画像処理法を適用することにより、構造物に存在する欠陥部や劣化部を従来よりも容易かつ客観的に検出する方法について検討した。

2. 検討した画像処理法 ここで検討した画像処理法は、信号に含まれるノイズの除去およびデータの圧縮に一般的に利用されているものであって、対象信号の統計的性質が明確でない場合であっても適用可能な方法であると考えられている。その処理内容は具体的には次のようなステップからなっている。すなわち、赤外線画像の2次元信号のデータを2次元高速ウェーブレット変換して展開級数を求め、その絶対値の大きい順に上位 $\alpha\%$ の展開係数のみを残し、それ以外の展開級数を0にする。続いて、その展開級数を2次元高速ウェーブレット逆変換して赤外線画像の再構成を行うものである¹⁾。

本検討では、内部に単純な欠陥部を有するコンクリート試験体と無欠陥のコンクリート試験体とを対象にして、有限要素解析による伝熱解析を行ってえられた解析データおよび小型の試験体を用いた実験からえられた実験データに上記画像処理法を適用した場合の効果について比較検証した。

3. 解析データによる検討 図1は内部に空隙部が存在するコンクリート版の有限要素モデルの四分の一の部分を示している。このコンクリート版のひとつの面に外部から熱が供給されると、熱供給がある面における温度分布は図2に示すようになる。このままの温度分布が熱画像に現れれば劣化部の存在を比較的容易に視認できると思われる。

しかし、図3に示すように熱画像に雑音（この場合は、温度分布の標準偏差を σ とすると、 2σ の白色ノイズ）が含まれると熱画像は図4のようにぼやけたものになると思われる。そのため、表面温度の変化が十分に大きくなるとこの雑音の影響を受けて劣化部を目視によって識別できないと考えられる。

そこで、図4に示す画像に含まれる雑音を2.に示した方法によって除去し、コンクリート版表面における温度分布を等温線によって示すと図5のようになり、コンクリート版内部における欠陥部の存在と位置がより明確に視認できるようになる。

（四分の一対称モデル）

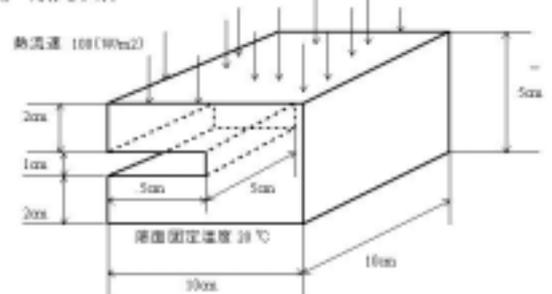


図-1 内部に欠陥を有するコンクリートモデル

キーワード：赤外線画像，画像処理，ウェーブレット解析，劣化，欠陥

* 〒658-0024 兵庫県神戸市東灘区魚崎浜町 5-5 TEL：078-411-9111 FAX：078-411-9128

** 〒671-2112 兵庫県飾磨郡夢前町塩田 112-1 TEL：07933-6-2625 FAX：07933-7-5008

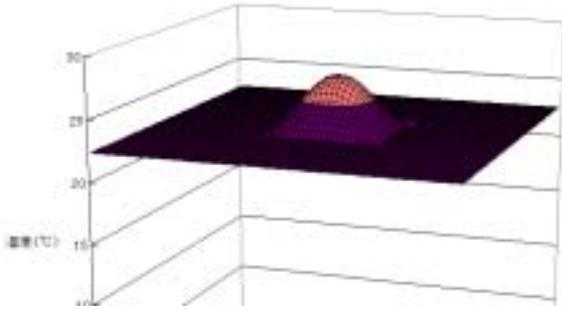


図-2 コンクリート表面温度分布(雑音なし)

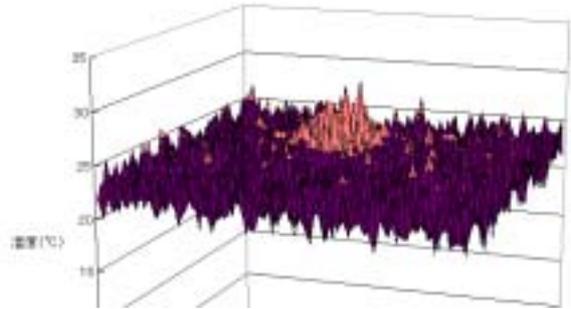


図-3 コンクリート表面温度分布(2σの雑音を含む)

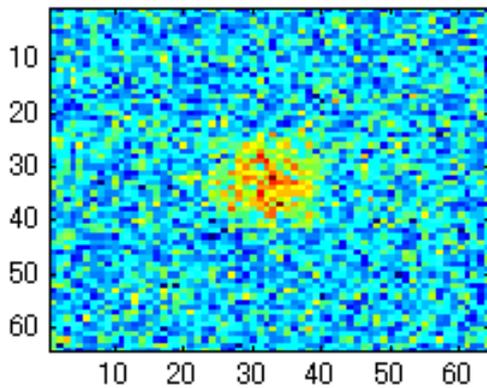


図-4 温度分布の画像表示(処理前)

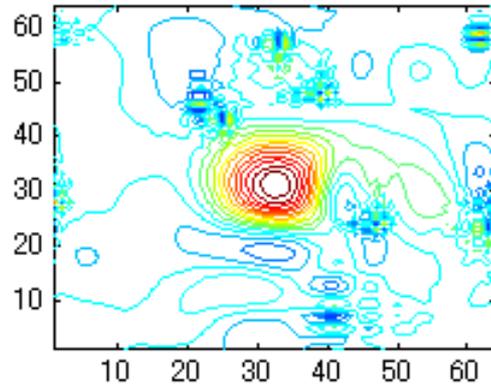


図-5 温度分布の画像表示(処理後)

4. 小型試験体を用いた実験による検討

30×30×10cm のモルタル試験体を2体作成し、その内の1体には中心部に縦に貫通する断熱材(スタイロフォーム、30×10×2.5cm)を設置した。両試験体とも30×30cm のひとつの露出面以外は厚さ1cmの木製型枠で覆ったままにして露出面を真南に向けて直立させ、快晴の日の日中に日射により加熱した。

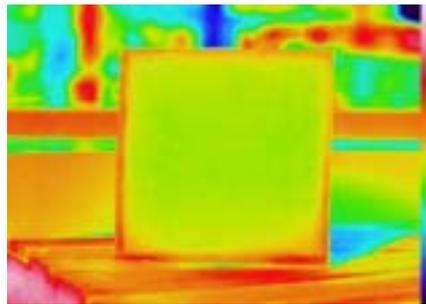


図-6 熱画像(無欠陥試験体)

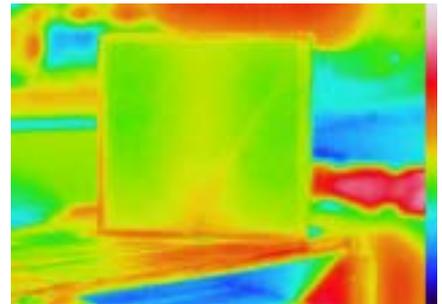


図-7 熱画像(欠陥試験体)

図6は無欠陥試験体、図7は欠陥試験体の、加熱開始3時間後における各露出面における熱画像である。図6の熱画像でも内部の断熱材の存在がかすかに視認できるが、十分に明瞭であるとは言い難い。

そこで図7の熱画像の雑音除去を行った上で表面温度を等温線で描くと図8のようになった。断熱材が内在する箇所の試験体表面の温度が高くなっていることがより明確になって、内部にある断熱材の形状が視認できるようになっている。但し、図8において試験体下側の部分が高温になって断熱材の形状が正確に現れていないのは、試験体が接している台座から流入する熱の影響を受けているためであり、現実の温度分布に近いものが示されているものと思われる。

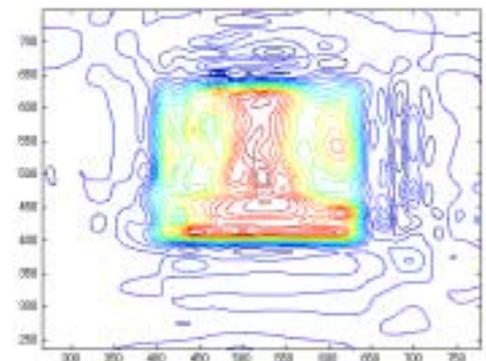


図-8 温度分布の画像表示(欠陥試験体)

5. まとめ 上記で検討した画像処理法を解析モデルおよび実験試験体に適用することによって、構造物に存在する内部欠陥を容易かつ客観的に検出できることを確認した。今後、実構造物において本画像処理法の有効性を確認し、コンクリート構造物の保守・延命を効果的に行う一助としたい。

(参考文献) 1)中野宏毅, 山本鎮男, 吉田靖夫: ウェーブレットによる信号処理と画像処理, 共立出版