

1. まえがき

近年、赤外線センサの急速な開発によりコンクリート構造物の表面状態に対応して放射されている赤外線域の電磁波を高精度で、かつ容易に検知することができるようになり構造物のひび割れおよび剥離などのコンクリート構造物の劣化診断技術としても活用され始めている。コンクリート構造物の劣化診断は従来、サンプリング、試薬、打診、聴診、触診などによって行われてきたが、本研究で提唱する赤外線センサによるコンクリート構造物の劣化診断は、赤外線センサによって得られるコンクリート構造物表面の熱情報から構造物表面を画像化することにより、この画像データを基にコンクリート構造物の劣化診断を試みた基礎的な実験的研究の報告である。

2. 赤外線センサの概要

絶対温度零度以上のすべての物体は、表面温度と表面状態に関連した一定の電磁波を放射している。常温の物体では、その波長は人間の肉眼では感じない赤外線波長域である。赤外線センサによる温度観測は Stefan-Boltzmann の法則に基づいて、物体表面から放射してくる赤外線エネルギーを観測し、温度に変換している。また、使用する赤外線センサの応答波長領域は、Wien の偏位則に基づいて選択される。本研究においては、実験の温度範囲が常温（約25～40℃）であったため、約8.7～7.4 μ の波長域に最大放射を示す放射特性があることにより、この波長領域に応答波長域を持つスウェーデンAGA 社製の遠赤外線域（8.0～12.0 μ ）用センサを使用した。このセンサの感度は30℃の測定物体に対して0.1℃である。

3. 実験および解析の概要

本実験の基本的目的は、赤外線センサによって得られるコンクリート構造物表面の熱情報から、コンクリート構造物外壁面のひび割れおよび剥離個所の診断を行うもので、構造物に接する外気温度の時間単位の周期変化を利用している。構造物外壁表面の温度分布は、外壁を構成している材質が均一でなく、そのため比熱、熱伝導率および熱伝達率なども一様でなくなり、その構造物に接する外気温度が変化した時の構造物外壁表面の表面温度分布内に差異が生ずる。すなわち、外気温度の周期変化に対して、構造物外壁表面の温度分布内の異常部分が正常部分と比較して、どのように変化をするかを把握することにより、構造物表面のひび割れおよび剥離などの異常部分を抽出することができると考えた。外気温度の周期変化としては、日昇および日没時における外気温度の変化を考え、太陽光線が当たった時の外壁表面の温度上昇、あるいは陰った時の温度降下といった外気温度周期変化時において表面状態の異変を観測した。赤外線センサによる構造物表面温度分布の測定は、1時間間隔で24時間リアルタイムに構造物表面の温度分布の計測であり、測定データはフロッピーディスク内に収納し整理した。

本研究でいう赤外線センサによって得られた構造物表面温度データの解析とは、その測定温度値をそのまま温度輝度値としてディスプレイに画像出力して視覚化し、その画像から構造物表面のひび割れや剥離状態を判読することと、1時間毎に測定された表面温度分布画像から、ひび割れおよび剥離部分の温度を時系列的に図化し、その変化パターンを検討することである。

4. 実験結果

表面にひび割れおよび剥離がある構造物外壁（大学校舎内建築物の外壁）の可視状況を写真-1に示した。この状況を赤外線センサでとらえた表面温度分布画像が写真-2である。なお、この画像は実際にはカラースライス画像で表示されるのであるが、本論文ではカラー表示ができないため白黒濃度で表現しており、濃度段階がカラースライスに比べて少ない。図-1および図-2は、赤外線センサで外気温度の周期変化



写真-1 外壁の可視状況（剝離部分）



写真-2 外壁の表面温度分布画像（剝離部分）

の大きい時間帯（日昇、日没時）に測定された表面温度分布画像から得られたひび割れおよび剝離部分の温度値の変化と、この構造物に接する外気温度変化を示したものである。

5. 考察

測定結果から、ひび割れおよび剝離などの異常部分の表面温度は正常部分の表面温度より低温として現れることが判る。また、外気温度の変化に伴うひび割れおよび剝離部分の表面温度は、朝夕の日昇、日没時の外気温度変化の大きい時に温度上昇および温度降下の勾配が大きい結果を得た。このように赤外線センサの表面温度測定によって得られた表面温度分布画像において、ひび割れおよび剝離部分と正常部分との間には、明らかな表面温度変化の差異が見られ、構造物表面の熱的画像からコンクリート構造物表面のひび割れおよび剝離などを判読することが可能であることが判った。

このような現象が生じた理由としては、以下のように考えた。

(1) ひび割れおよび剝離部分では表面温度が低温として現れる理由

ひび割れおよび剝離部分の表面材質が正常なコンクリート表面と異なること。また、表面が滑らかでないことなどの理由によりコンクリートと周辺温度との間の熱伝達率に差異が生じ、ひび割れおよび剝離部分では熱が奪われ、正常なコンクリート表面より低温部として現れる。

(2) 外気温度の変化に対して、ひび割れおよび剝離部分が異なった表面温度変化を示す理由

ひび割れおよび剝離部分の表面における熱伝導率が異なるために、外気温度の影響を受けて、表面温度の変化に差異が生じたため、また、ひび割れ部分と剝離部分の表面温度変化の速度が違うため表面温度の違いとして現れる。

(3) 浮き部分が剝離部分より表面温度が高温として現れる理由

浮き部分は、外壁表面が浮いた状態のために表面層内部に存在する空気の影響により表面が露出している剝離部分より表面温度は高温部となって現れる。

6. あとがき

赤外線センサによって測定されたコンクリート構造物の外壁表面の温度分布画像から外壁の劣化診断を行うことが可能であり、コンクリート構造物の診断技術として利用価値が十分あるとともに、なお細部にわたる検証実験を積み重ねることにより、劣化現象の把握する有効的な成果が期待できる。

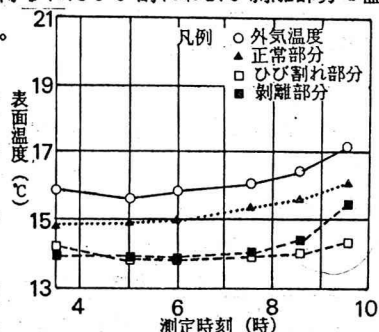


図-1 表面温度変化図（日昇時）

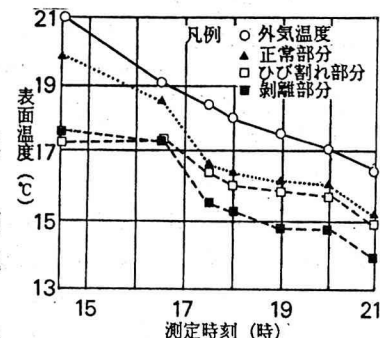


図-2 表面温度変化図（日没時）