

(V-22) コンクリート構造物表面熱画像の 欠陥判読への利用法

日本大学 生産工学部 柳内睦人

1. まえがき

コンクリート構造物表面層の損傷・欠陥検出を目的とした熱画像の利用は、これまで行われてきた非破壊試験法に比べて視覚的に検出できるうえ、内部状態の判読が可能である。現在までに建築物のモルタルやタイル外壁面を対象として成果を上げているが、土木構造物を対象にする場合、日射熱のみではコンクリート内に与える熱量が少ないため、ひびわれ、浮き、剝離などの表面損傷ばかりでなく空洞、空隙などの内部欠陥、さらには鉄筋の配筋状態までを検出することは困難である。本報告は、コンクリート擁壁面が日射熱のみを受けた場合と、人工的に一定時間加熱した後に加熱を停止した場合の2通りの状態を対象とし、その表面を時系列的に熱赤外線センサを用いて観測して、得られた熱画像に現れる表面温度の変化と擁壁表面層内に存在する損傷・欠陥との関連について記述するものである。

2. 観測概要

本報告で観測対象とした擁壁は、構築後数10年経過し、表面にはひびわれ、浮き、剝離などの損傷が目視できる高さ2.5mの鉄筋コンクリート製土留壁(写真-1 参照)である。熱赤外線センサで観測する際の諸条件は下記のとおりである。

(1) 観測に用いた熱赤外線センサ

観測擁壁面の表面温度変化範囲が約20~70℃であるため、遠赤外線域(8.0~12.0μm)の応答波長域を持つスウェーデン AGA社製サーモビジョンを使用した。

(2) 観測時の気象条件

観測は、1991年12月2日午後2時から午後3時まで実施し、天候は晴れ、擁壁周辺の気温は15℃、無風状態であった。

(3) 観測状況

(a) 擁壁面と熱赤外線センサとの距離は3.30m、観測面は視野角いっぱいの縦120cm×横120cmの正方形平面である。

(b) 日射熱のみによる状態に対する場合は、午後2時から1分間隔で、30分間連続して観測した。

(c) 人工的に一定時間加熱した後に加熱を停止した状態を対象とする場合は、日射熱のみによる観測終了時に、同じ擁壁面を人工的に10分間加熱した後に加熱を停止して1分間隔で、30分間連続して観測した。なお、擁壁面への加熱は、アスファルト舗装時などに利用されるプロパンガスバーナーを使用し、観測面が一様になるよう上下左右に動かして加熱した。

3. 観測結果

3.1 写真から判読できる擁壁面の損傷状況

午後2時まで日射熱を受けた擁壁面を普通カメラで撮影して得られた写真(写真-2 参照)から次のような損傷劣化の状況が認



写真-1 熱赤外線センサによる擁壁面の観測状況

- (1) ひびわれ (2) ひびわれ (3) コンクリート打継部
(4) 剝離 (5) 鉄筋露出部 (6) 排水孔
(7) モルタル損失部 (8) 浮き

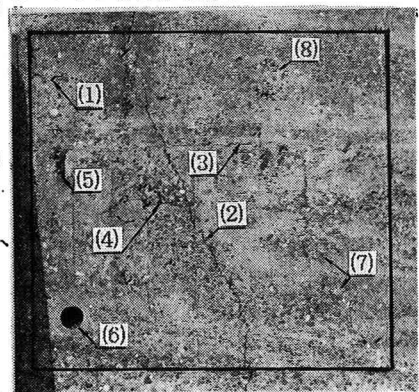


写真-2 擁壁面の損傷・欠陥

められた。なお、() 内の数字は写真に示した損傷および欠陥位置である。

- (1)、(2): ひびわれ、(3): コンクリート打継目、
(4): 剝離、(5): 鉄筋露出部、(6): 排水孔、
(7): モルタル損失部、(8): 浮き、

3.2 日射熱のみを受けた擁壁面の温度分布

午後2 時まで日射熱を受けた擁壁面を熱赤外線センサで観測して得られた熱画像(写真-3 参照)には、次のような温度分布の特徴が認められた。なお、日射熱のみによる場合の温度範囲の設定は、画像内の表面温度 24.2°C を基準値としてそれ以上の領域を高温域、それ以下の領域を低温域と設定した。

- (a)高温域: (1)に大きな環状の高温域、(3)に沿って水平に点在した小さな環状の高温域、(4)、(5)を含む右斜め方向に帯状の高温域。

- (b)低温域: (6)に円形の低温域。

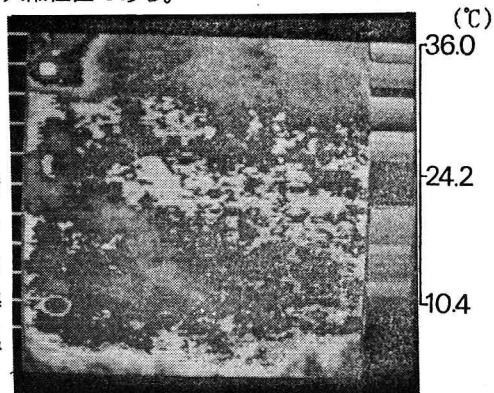


写真-3 擁壁面の表面温度分布画像
(日射熱)

3.3 人工加熱を受けた擁壁面の温度分布

擁壁面を人工的に10分間加熱した後に加熱を停止して1分間隔で時系列的に観測して得られた熱画像(写真-4 参照)には、次のような温度分布の特徴が認められた。なお人工的な加熱時の温度範囲は、加熱停止後2 分経過時の熱画像内の表面温度 49.0°C を基準値としてそれ以上の領域を高温域、それ以下の領域を低温域と設定した。

- (a)高温域: (1)、(4)、(5)、(8)に大きな環状の高温域、(8)右側から下方向にかけて縦列に小さな環状の高温域、(3)に沿って横列に小さな環状の高温域。

- (b)低温域: 左側上部から(2)に沿って斜め右下方向に帯状の低温域、(2)の右側および右下方向に2 個の環状の低温域。

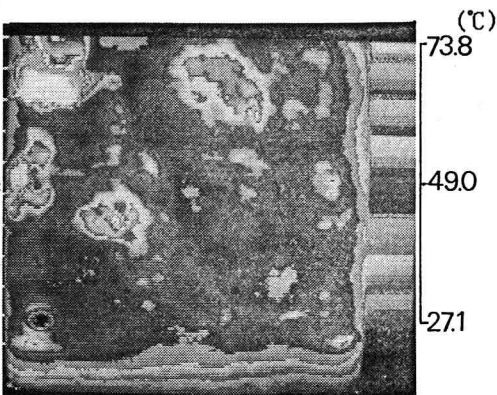


写真-4 擁壁面の表面温度分布画像
(人工加熱)

4. 考察

日射熱のみによる熱画像には、目視で判読できるひびわれ部(3)やモルタル損失部(7)に特徴的な表面温度分布の特異点が現れなかった。一方、人工的な加熱による熱画像には、目視による損傷の全てが特徴的な温度分布の特異点が現れ、そのうえ、目視された損傷の位置以外にも高温域や低温域に特徴的な温度分布の特異点が現れた。このことから、日射熱のみによる熱画像から損傷部や欠陥部を検出するのに限度があるのに対して、人工的な加熱による熱画像では、表面の損傷以外にも内部状態に対応した温度変化の特異点が現れるものと推測できる。その理由としては次のようなことが考えられる。すなわち、表面温度は、内部に熱伝導率の小さい物体があると表面からの熱エネルギーの伝達が阻害されて高温域となり、内部に熱伝導率の大きい物体があると熱吸収が速くなり低温域となる。さらに、周辺温度の影響を顕著に受け短時間に熱エネルギーが放散する場合にもその位置は低温域となる。具体的には、内部に空隙やジャンカの個所があれば表面に高温域となって現れ、内部が密実あるいは鉄筋があると表面は低温域に、また、ひびわれは周辺温度の影響を受け易いためにひびわれのない個所と比較して低温域の温度分布となって現れる。