

第V部門

放射率の差異に着目した赤外線サーモグラフィによるひび割れ検出に関する研究

京都大学大学院 学生会員 ○木全 伯光
 名古屋工業大学大学院 正会員 上原 匠
 京都大学大学院 正会員 大島 義信

1. はじめに

コンクリート構造物に発生するひび割れの調査は目視による確認が基本となる。また場合によっては デジタルカメラなどが利用されることもあるが、いずれの場合でも暗所での作業が困難である。一方、赤外線サーモグラフィ装置によるひび割れ検出が検討されており、床版などで一定の成果が得られている¹⁾。通常この方法では、ひび割れ位置に生じる温度差を利用するため、暗所での作業が可能となるが熱源が必要でありそのメリットが少なくなる。しかし、測定対象に温度差がなくても表面の放射率が異なれば、サーモグラフィで検出される見かけ温度（指示値）が異なる。そのため、ひび割れ部で表面の放射率を変えることができれば、温度一定の条件でもひび割れを検出することが可能となる。

そこで本研究では、コンクリート表面にコンクリートとは異なる放射率を持つ材料をあらかじめ塗布し、ひび割れにより生じる放射率の差異をサーモグラフィで検出することで、ひび割れを検知する手法を提案する。ここでは、まず放射率がコンクリートと最も異なる被覆材の選定を行った。その後、選定した被覆材を用いてコンクリートの曲げひび割れを検知する実験を行い、提案手法の妥当性を検討した。

2. 放射率の差を利用した検知手法

物体から放射される赤外線放射エネルギー量は、物体固有の放射率と温度によって定まる。そのため同じ温度であっても放射率が異なれば、サーモグラフィの温度指示値は異なる(図1)。この特性を利用し、コンクリート表面にコンクリートとは異なる放射率を持つ材料をあらかじめ塗布しておけば、ひび割れによりコンクリートが露出するため、ひび割れ位置で放射率を変化させることができる。ただし、温度が一定でかつ反射などの外乱が無いことが条件となるため、トンネル覆工コンクリートなどにおけるひび割れの追跡調査などを想定している。

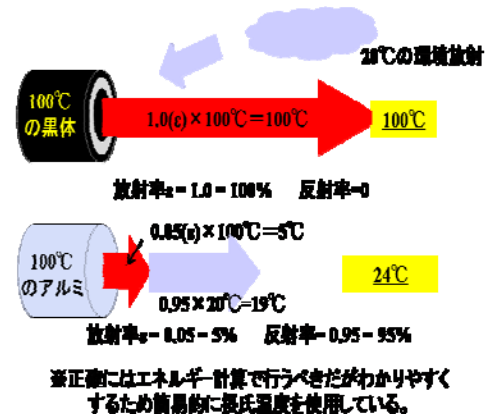


図1 放射率による指示値の違い

3. 被覆材の選定

3.1 実験概要

まず放射率がコンクリートと最も異なる被覆材の選定を行った。ここでは、黒体塗料、コンクリート、モルタル、金属系スプレーA、ニス、クリアラッカーの放射率を測定した。放射率の測定は、同一温度におけるサーモグラフィ(NEC/AvioTH9100)の指示値の違いから決定した。また、放射率算定の基準には黒体塗料(アサヒペン耐熱塗料(黒))の放射率0.98を用いた。実験では、100×100×400mmのコンクリート供試体表面に被覆材を塗布し、60°Cの恒温器で24時間以上保管した後、恒温器から取り出し放射率を測定した。供試体の概略図を図2に示す。

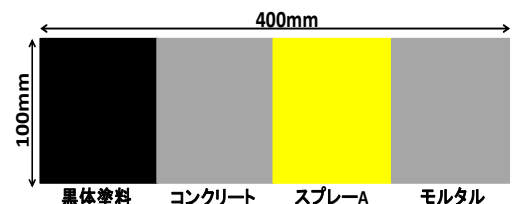


図2 供試体例概略図

3.2 実験結果

測定結果を表1に示す。これより、金属系スプレーAの放射率0.25がコンクリートの放射率0.97と最も大きく異なる

Norimitsu.Kimata, Takumi Uehara, Yoshinobu Oshima

Norimitsu.Kimata@aw8.ecc.kyoto-u.ac.jp

表1 放射率測定値一覧

物質	黒体塗料	コンクリート	スプレーA
放射率	0.98	0.97	0.25
物質	ニス	クリアラッカー	モルタル
放射率	1.00	1.00	0.98

ことがわかる。スプレーAは、塗膜の表面に金属粉を浮かして金属光沢を出す塗料であるため、金属に近い小さな放射率が得られたと考えられる。以上より、本研究では塗布材としてスプレーAを用いることにした。

4. 提案手法の検証

4.1 実験概要

次に、選定した被覆材を用いてひび割れの検出実験を行った。曲げひび割れを発生させるため、被覆材を塗布する100×100×400mmのコンクリート供試体には、主筋としてD6を3本配筋している(図3)。この供試体の底面に上記スプレーAを塗布し、3等分点載荷を行い0.05~0.55mmまでのひび割れを導入した。また供試体の温度を一樣とするため、ひび割れ導入後20℃の恒温室にて3時間程度保管した後、室内の暗所にて測定を行った。さらに供試体の測定距離を1m, 5m, 10mの3水準設定した。

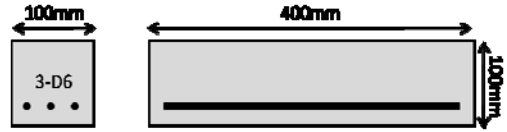


図3 供試体寸法図

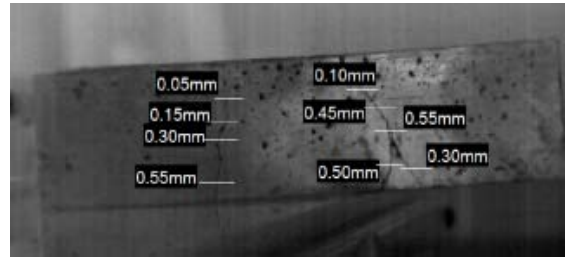


図4 測定距離が1mの熱画像

4.2 実験結果

図4に測定距離1mにおける熱画像を示す。表面の気泡凹凸による放射率の変化が黒点として生じているものの、目視にてひび割れを確認することができる。一方、設置距離が5m, 10mではひび割れを判定することができなかった。測定距離1mでカメラの最小分解能(1ピクセル)は1.2mm角となる。5mおよび10mにおいて分解能が6mm角および12mm角となるため、0.5mm程度のひび割れは検出できなかったものと考えられる。

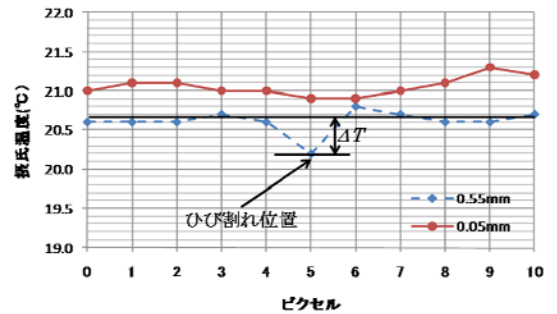


図5 ひび割れ上の温度指示値分布

図4に示す0.05mmおよび0.55mmのひび割れをはさむ10ピクセルの温度指示値の分布を図5に示す。また図6にはひび割れ幅と温度差の関係を示す。ここで温度差とは、ひび割れ部を中心とした左右5ピクセル分の指示値の平均を基準とした、ひび割れ部の温度指示値変化量である。図より、ひび割れ幅が大きくなるにつれ、温度差が明確となっていく傾向が得られた。

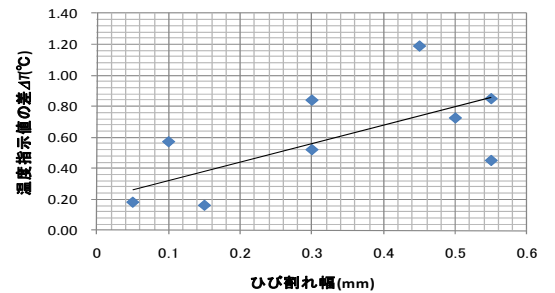


図6 ひび割れ幅と温度指示値の差の関係

一方、今回用いたサーモグラフィの最小温度分解能は0.08℃、ひび割れ位置以外での温度分布のばらつきは約0.2℃/ピクセルとなっており、検出のためには0.3℃以上の温度差が必要である。図より、ひび割れ幅0.1mm程度の場合、温度差が0.3℃程度となっているため、本手法でのひび割れ最小検出幅は0.1mm程度であるといえる。

5. まとめ

サーモグラフィによる暗所でのひび割れ検出を試みた結果、物質固有の放射率を利用することで、測定距離1mにおいて最小ひび割れ幅0.10mm程度まで検出できることが明らかとなった。ただし、精度は、測定距離、サーモグラフィの性能、反射、表面状態に大きく依存する。今後の課題として、美的景観上の問題、被覆材を塗布することによるコスト増加の問題、背景等の測定条件による精度の問題があげられる。

なお、本報告のとりまとめにおいてご指導いただきました宮川豊章教授(京都大学)に謝意を表します。

参考文献

- 1) 金光寿一・柳内睦人・木田哲量：舗装熱を利用したサーモグラフィ法による床版内部の欠陥形状と温度分布変化の関係、コンクリート工学論文集, Vol.16, No.1, pp.31-44, 2005. 1