

熱赤外サーモグラフィ装置を用いた劣化検出の有用性

10T0260W 上田 英臣
指導教員：山崎 文雄

1. 研究目的

現在、多数の構造物が更新時期を迎え、劣化の修復・補強が必要となる構造物は今後も増加していく一方である。劣化構造物は外壁剥離など、重大な事故の原因となるため、早期発見・改善することが求められる。劣化診断には、従来多く用いられてきた打音検査があるが、高所における足場の必要性や、診断に時間がかかる事から、あまり効率的ではなく、逼迫する財政を考慮しても、よりコストを抑えた診断方法が今後必要になると考えられる。そこで本研究では、一度に広範囲の損傷部分や、内部空隙などの劣化検出ができる熱赤外サーモグラフィ装置¹⁾に着目した。サーモグラフィ検査は、温度分布や日較差などの熱挙動が、劣化部分と健全部分で異なる事を用いて劣化診断を行う²⁾。近年、サーモグラフィ検査は頻繁に行われるようになってきたが、太陽光による加熱が必要不可欠となる事など、解決しなければならない問題も多い。

本研究では、このサーモグラフィカメラを用いた正確な劣化診断方法の確立を目的とし、劣化検出の問題点の改善をデータ処理などの面から検証した。

2. 研究手順

千葉大学内において、劣化している擁壁などを対象として、目視とシュミットハンマーを用いた劣化診断を行った。そして、同じ場所においてサーモグラフィカメラによる診断を行い、結果を比較することでサーモグラフィカメラの有用性の確認を行った。次に、内部空隙の検出実験を行うため、空気と似た熱的性質をもつバルサ材を用いて、欠陥モルタルを作成した³⁾。この欠陥モルタルを用いて、太陽光による加熱を行い、一日の表面温度の変化を観察した。そして、実験より得られた温度データをもとに、欠陥部分と健全部分の日較差や温度上昇の違いを見た。またフーリエ変換によるデータ処理⁴⁾を行い、欠陥検出ができるか試みた。

3. 実験結果と考察

2013年11月26日にモルタルの測定面を上向きにし、屋上で太陽光加熱実験を行った。また、この実験では太陽光による加熱のむらをなくすため、5分ごとにモルタルを回転させ、サーモグラフィカメラを用いて温度データを記録した。実験時間は午前10時00分から午後18時00分の時間帯で、天候は晴れ時々曇りであった。

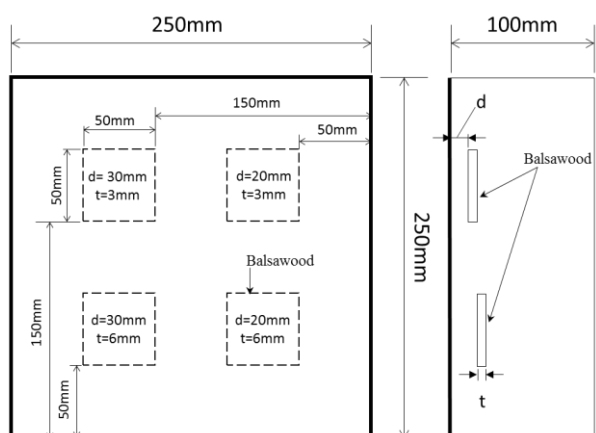


図1 モルタル寸法と欠陥部分(内部空隙)の配置, 太線：測定面

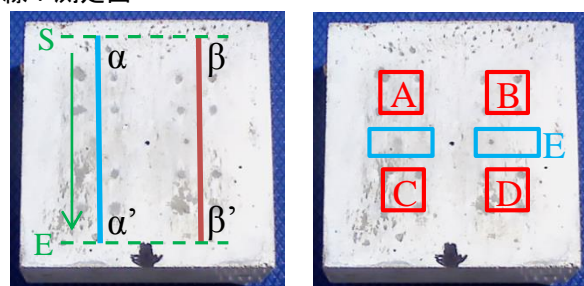


図2 ライン指定範囲(左), 平均値をとった範囲(右)
赤枠：欠陥部分 青枠：健全部分

実験に使用したモルタルを図1に、温度データを使用したラインの位置と平均値をとった範囲を図2に示す。

まず、モルタル表面の一日の温度変化を示す図3から、欠陥部分と健全部分との温度差が見られた。10時30分から12時30分付近の時刻に着目し、ライン α - α' と β - β' の温度分布を見た。11時30分におけるラインの温度分布を図4に、11時30分、12時00分の熱画像を図5に示す。図4より、ライン α - α' の温度分布をみると、全体的に不規則な温度分布であり、欠陥部分の検出は難しかった。これは α - α' のライン上にある欠陥が、深い位置にあることや表面の汚れが影響していることが考えられた。汚れについては、実際の構造物を対象に診断を行う際も考慮しなければ、誤診断につながる事が考えられる。ライン β - β' の温度分布をみると、欠陥部分と健全部分の間におよそ 1°C 程度の温度差が見られ、この場所は目立った汚れもないため、欠陥部分の検出が正確にできていることがわかる。この温度差は、13時頃にはなくなり、欠陥部分の検出はできなくなった。

このことから、欠陥部分と健全部分の温度差は加熱後二時間前後が最も温度差が表れ、劣化診断の際の目安になると考えられた。

次に、温度上昇時である、10時30分から12時30分における、欠陥部分B、Dと健全部分Eの温度差(図6)を比較した。この温度上昇時のB、DとEとの温度差は0.5°C程度見られ、この温度差から欠陥部分の検出は熱画像(図5)からも十分可能であると考えられる。次に、範囲B,D,Eの10時00分から12時30分の温度変化のフーリエ級数を求め、数値を比較した(図7)。 a_1 、 b_1 の絶対値は欠陥部分が健全部分よりも大きくなる⁴⁾。僅かではあるが、 a_1 の絶対値は欠陥部分で大きくなった。しかし、 b_1 の絶対値は健全部分で大きくなった。原因としては、データ量の少なさや実験日の天候によるものが考えられ、この数値だけでは欠陥部分の評価は困難であった。

実験の結果、欠陥の深さに関しては、20mmの場合の方が30mmの場合よりも温度変化が表れ、20mmの欠陥は正確に検出ができた。また、欠陥の厚みによる温度の違いは見られなかった。このことから、欠陥部分の表面温度は欠陥の厚みではなく、深さに大きく依存していると考えられた。劣化の評価をする際は、さまざまなデータを比較することで正確性が増すと考えられる。また、劣化診断の日には晴天であることが望ましいが、温度上昇が一番多い時間帯において欠陥部分の検出が正確にできることがわかったため、日射量の多い時間帯で晴れが2時間程度続けば、劣化部分の検出は充分できると考えられる。

4. まとめと今後の展望

本研究では、サーモグラフィカメラによる欠陥検出実験を行い、劣化診断に有用であるかを検証した。その結果、ラインデータ、温度上昇時の各部分の温度差、フーリエ変換による温度上昇の傾向などを比較することで、劣化部分の評価が十分できると考えられた。今後は、実際のコンクリート構造物に対して劣化診断を行っていきたい。また、木造建築物の劣化診断もサーモグラフィカメラを用いて行っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 構造物診断用赤外線サーモグラフィ R300SR-S 取扱説明書, 日本アビオニクス株式会社
- 2) 長田文博, 山田裕一, 虫明成生, 赤松幸生: 熱画像による鉄道高架橋コンクリートのはく離診断手法の開発, 土木学会論文集 No.760/V-63, 121-133, 2004.5
- 3) 金光寿一, 柳内睦人, 三星智典: 舗装熱を利用したサーモグラフィ法によるRC床板内部の欠陥検出に関する研究, 土木学会論文集, No.732, V-59, pp.95-108, 2003.5
- 4) 鄭子揚, 阪上隆英, 久保司郎, 佐藤大輔, 中村士郎: フーリエ級数係数を用いたパッシブ赤外線サーモグラフィによるコンクリートのはく離深さ評価, Journal of JSNDI Vol.61, No.2, pp78-83(2012)

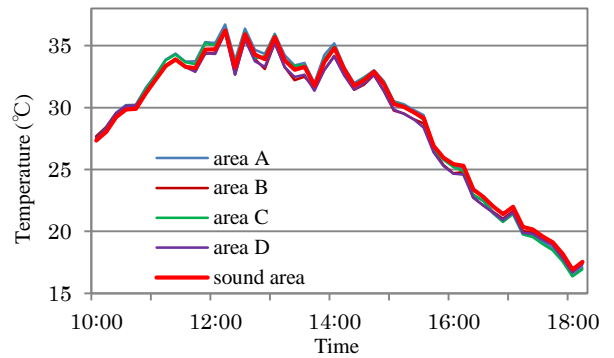


図3 モルタル表面の一日の温度変化

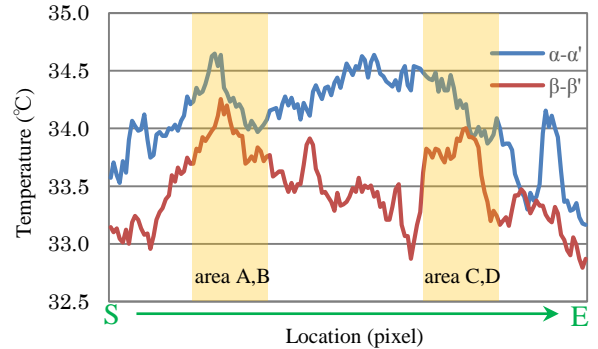


図4 11時30分における $\alpha-\alpha'$ 、 $\beta-\beta'$ の温度分布(欠陥部分:黄色)

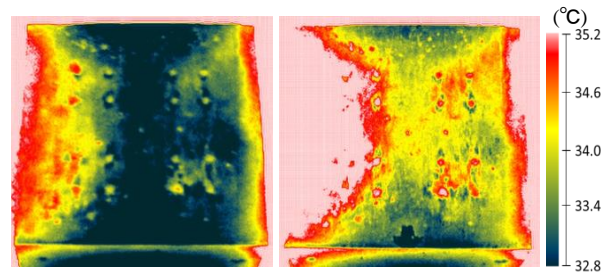


図5 熱画像(左:11時30分,右:12時00分)

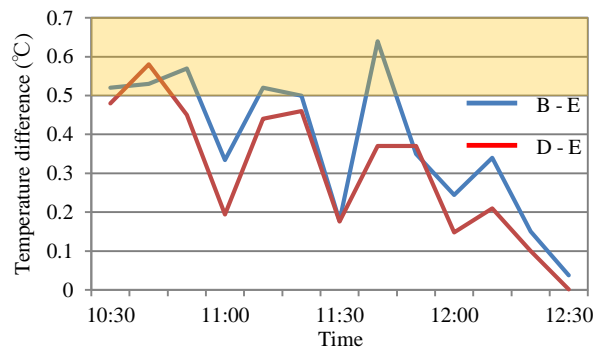


図6 範囲BとE, DとEの温度差の時間変化

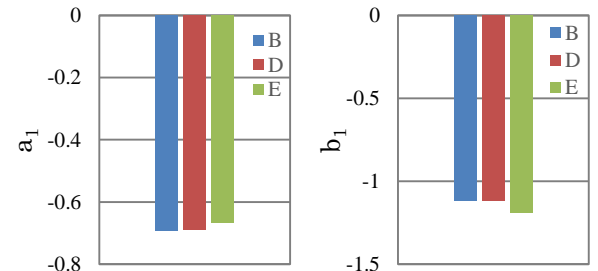


図7 範囲B,D,Eにおける10:00-12:30のフーリエ級数 a_1, b_1 の比較