

サーモグラフィ法を用いたコンクリート構造物の劣化診断

11T0300W 山崎 良磨
指導教員：山崎 文雄

1. はじめに

現在、日本国内には老朽化した土木構造物や建築物が数多く存在している。それらのほとんどは戦後の高度経済成長期に建造されたものであり、今後一斉に更新時期を迎える。それらの早急な修復・補強は今の日本にとって非常に重要である。修復・補強をする際にはまず劣化構造物の発見が必要である。構造物の劣化診断の方法として従来は、打音検査によるものが多い。打音検査は診断箇所をハンマーで叩き、叩いた時の音の違いでコンクリート内部の空隙等を検査するものである。しかし、音の違いといった主観的な判断による精度のばらつきがあると考えられる。また高所の場合、足場の設置が必要であること、広範囲の診断には時間がかかるといった経済面での問題もある。そこで本研究ではサーモグラフィカメラを用いたサーモグラフィ法に着目した。サーモグラフィ法は一度に広範囲の診断ができることや、離れたところから測定できるといった利点があるため、近年注目されている。しかし、検査時に熱源が必要、天候等の影響を受けやすい、相対評価であることといった問題点も多く抱えている。

本研究では、サーモグラフィ法を用いた正確な劣化診断方法の確立のための第一歩として、実在のコンクリート構造物の劣化診断を行った。

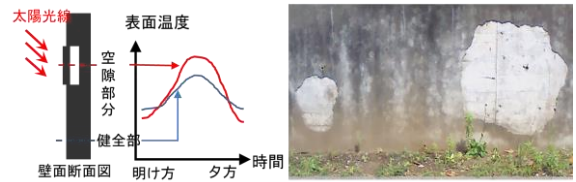
2. サーモグラフィ法による劣化部検出

千葉大学構内の劣化が疑われる数か所においてサーモグラフィ法による劣化診断を行った。サーモグラフィ法の原理を図-1(a)に示すが、このように劣化部分が昼の時間帯において健全部分よりも表面温度が高くなることを利用する。また、夜の時間帯では昼と反対の特性となる原理を用いて劣化部分を検出する方法である。

本研究では、千葉大学工学部9号棟付近のコンクリート擁壁(図-1(b))を対象とし、1日の表面温度の変化を測定した。この測定より得られた温度データをもとに、劣化部分と健全部分の温度差や温度上昇量・減少量の違いを検出する。

3. サーモグラフィ法による劣化検出結果

2014年7月8日午前11時から午後8時にかけてコンクリート擁壁を対象に表面温度の変化を測定した。測定日の天候は晴れ、熱画像の撮影は



(a) 劣化検出の原理 (b) 測定対象の擁壁
図-1 劣化検出原理と測定対象コンクリート擁壁

30分ごとに行った。今回取得した温度データ範囲を図-2に示す。対象は高さ約1470mm、厚さ約190mmである。図-1(b)を見ると、化粧材の一部が剥がれ落ちているのがわかる。また、内部空隙も生じていそうだが、目視では確認することができない。なお、化粧材の厚みは約10mmである。

撮影した熱画像から明らかに温度差が表れている箇所を確認することができた。ここから健全部分、劣化部分の範囲を温度差から予測し、1日の表面温度の変化を確認することとした。図-2中の範囲A、Bは健全部分、範囲C、Dは劣化部分と予測した。また、すでに剥離している範囲Eにおいても同様に1日の表面温度の変化を観測した。

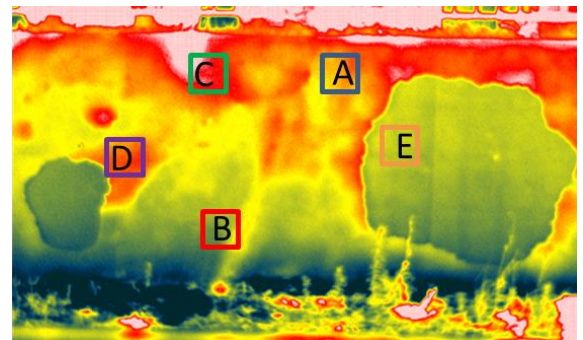


図-2 対象構造物と温度データ取得範囲

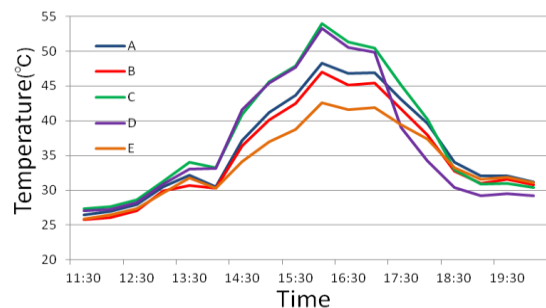


図-3 温度取得範囲の1日の平均表面温度変化
表-1 温度取得範囲の平均表面温度の変化量

	A	B	C	D	E
1日温度上昇量(°C)	21.8	21.2	26.6	26.2	16.7
1日温度減少量(°C)	17.2	16.2	23.6	24.1	11.5

1 日の各範囲における平均表面温度の変化を図-3に示す。図-3から測定開始時の温度と最高温度との差を温度上昇量、最高温度と測定終了時の温度との差を温度減少量とし、表-1にまとめた。図-3、表-1より劣化部分と予測していた範囲C、Dにおいて温度の増減が大きいことがわかった。これにより範囲C、Dの内部劣化が最も進んでいることが確認できた。健全部と予測していた範囲A、Bは範囲C、Dと比較すると温度変化が小さいことが確認できた。範囲Eは既に化粧材が剥がれており、内部のコンクリート躯体が表れているため、範囲A、B、C、Dとは全く違った温度の変化が見られた。

4. 打音検査による検証

本研究では同じ場所において回転式打診棒を用いた打音検査も行い、サーモグラフィ法による診断結果を検証した。打音検査では図-4の α 、 β それぞれのライン上を診断した。観測で得られた音はICレコーダーを使って録音し、その非定常周波数解析を行った。それぞれの時間周波数解析の結果を図-5、図-6に示す。

最初に、図-5の α ラインについて、周波数の時間変化を見たところ、範囲I、IIにおいて低周波数から高周波数の範囲で音が出ており、他の時間帯とは異なることが分かる。この時間帯において打音している範囲は図-4の熱画像の範囲I、IIと対応しており、熱画像により劣化が疑われる高温部分と打音時の周波数が変化する範囲は一致していることが確認できた。

次に、 β ラインについて図-6の範囲IIIを見ると、 α ラインとは違い、どの時間帯においても低周波数域に音が集中していきることがわかる。録音データ全体の周波数分布を見ても、高周波数域はほとんど出ていないことが確認できた。図-4の熱画像を見てもこの範囲では、温度分布が均一になっており異常は見られない。回転式打診棒による打音検査では、内部空隙があれば打音時に高音域まで出ることを考えると、 α ライン上には内部劣化がみられ、 β ライン上には内部劣化がみられないという結果になる。これらより打音検査による結果とサーモグラフィ法による診断の結果は、整合性のあるものであり、サーモグラフィ法による劣化診断の有用性が確認できた。

5. まとめ

本研究では、サーモグラフィ法を用いてコンクリート擁壁の劣化診断を行った。また、打音検査を併せて行うことで、診断結果の有用性を確認する

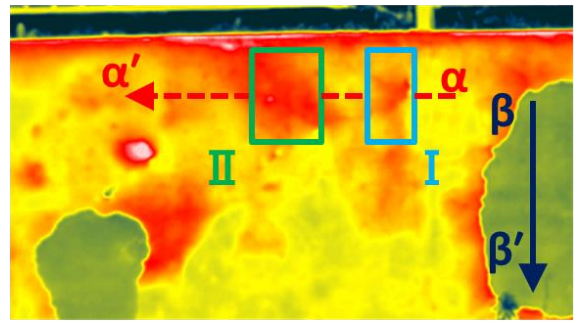


図-4 打音検査実施箇所

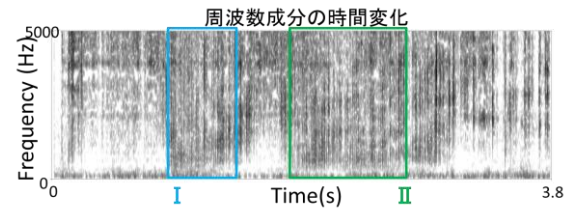


図-5 α - α' ラインの時間周波数解析結果

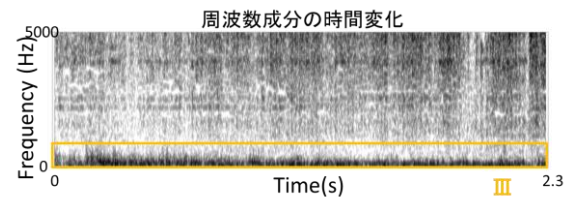


図-6 β - β' ラインの時間周波数解析結果

ことができた。

今後はコンクリート構造物だけでなく、剥落事故等が発生しているタイル壁や老朽化が懸念される木造建築物に対してもサーモグラフィ法を用いた劣化診断を行っていきたいと考えている。また、本研究では対象の温度を定性的に測定し温度差を見たが、今後は測定時の風速、放射輝度値といった対象の表面温度に影響する要因を詳細に考慮し、定量的な診断結果を示すことでより精度の高い診断方法を模索したいと考えている。

参考文献

- 1) 日本アビオニクス株式会社: 構造物診断用赤外線サーモグラフィ R300SR-S 取扱説明書
- 2) 鎌田敏郎, 浅野雅則, 国枝稔, 六郷恵哲: コンクリート表層部欠陥の定量的非破壊検査への打音法の適用, 土木学会論文集, No.704/V-55, pp.65-79, 2002.4
- 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) 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, pp121-133, 2004.5