

VI-59

赤外線センサ技術を利用したコンクリート構造物の劣化部検出について

関 西 電 力 (株) 正 員 打 田 靖 夫
 近畿コンクリート工業 (株) 正 員 〇 及 川 理 人
 ポニー原子工業 (株) 佐 久 間 光 政

1. まえがき

近年、赤外線利用技術の発展は目覚ましいものがあり、コンクリート構造物の劣化部検出に赤外線サーモグラフィ技術(センサ技術)を利用する試みが各所で行なわれている。筆者らは、内部空隙やひびわれを人工的に作った供試体を用いて、コンクリートの劣化状態、構造物の形状、色、外気温度等のパラメータを変化させた熱映像と劣化状態を対応させたデータベースをもとに、実構造物の赤外線映像をコンピュータシミュレーションすることにより劣化部とその深さについての検出精度を高めることを試みている。今回、これらの画像解析を含めた赤外線センサ技術の実構造物への適用性について検討し良好な結果を得られたので報告する。

2. 劣化検知原理

一般に絶対零度(-273℃)でないすべての物体は、物体の表面からいろいろな波長や強度の電磁放射という形でエネルギーを放出している。赤外線センサ技術は、赤外線放射の物理的法則に基づいて放射している赤外線の強さを熱映像の濃度分布として表すことができる。

エネルギー放出の強弱は物体の内部温度および外気温の変化に追従して、一日の中であるいは年間を通じて周期的に変化している。また、物体表面の温度変化は、その表面を構成する材質、比熱、熱伝導率などの物性の違いにより異なっている。従って、コンクリートの劣化部と健全部では物性が異なり、図-1および図-2に示すように、劣化部の深さやその範囲に関連して表面温度に微弱な温度差(ΔT)を生じることになる。

赤外線センサによる調査方法は、このような微弱な温度差(ΔT)を熱映像情報として捕らえ、非破壊非接触で劣化部を明瞭なパターンとして検出する面計測手法である。

3. 検証実験の概要

実験に供した4つの鉄筋コンクリート構造物は、いずれも構築後50年以上経過しており、凍害によるコンクリートの浮きや剥落が顕著で、一部には鉄筋が露出しているものもある。実験に供した赤外線センサは、測定視野角が3.5°から20°までのレンズが装着可能な機器である。このセンサの仕様を表-1に示す。

表-1 赤外線サーモグラフィ(センサ)仕様

項 目	検 知 器	検知波長領域	冷 却 剤	最小検知温度差	測 定 範 囲	画 素 数
品 名						
サーモビジョン 782システム(Ⅲ) (ナック製)	HgCdTe 光導電型	8~12 μ	液体窒素	0.1℃	-20℃ ~ 850℃	256 x 256

検証は、赤外線センサによる調査の後に、目視とハンマーの打音による劣化面積調査とコア採取による劣化深さの調査を行い比較するものとした。

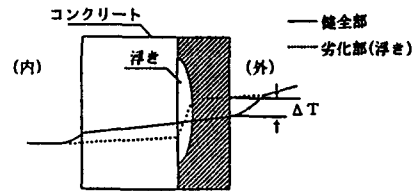


図-1 コンクリートの温度分布

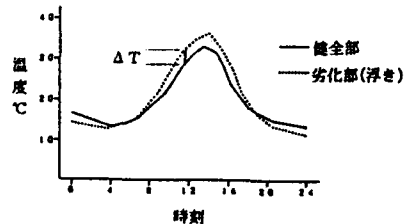


図-2 コンクリートの表面温度の経時変化

4. 結果および考察

図-3は赤外線センサによる熱画像を差分処理し、浮きの位置および概略深さを2段階に分類したものである。図で示した領域は表面より25～50mmの深さに、図の部分は50～75mmの深さに空隙部があることを表示している。

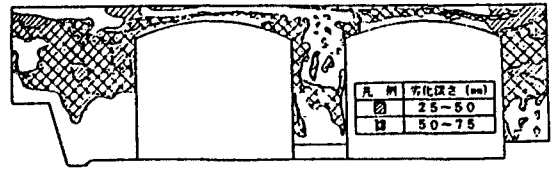


図-3 赤外線センサによる劣化図

図-4は目視およびハンマーの打音による結果を示したものであり、劣化部をひびわれ、浮き、剥落に区分して表示し、コア採取位置を●で示した。

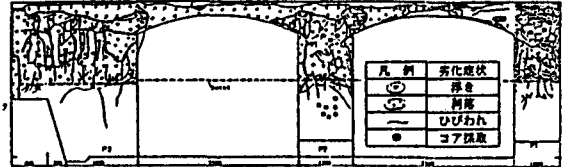


図-4 目視およびハンマー打音による劣化図(浮き、剥落、ひびわれ)

また、表-2は赤外線法および目視・打音法による劣化の検出面積を示したものであり、劣化を浮きと剥落に限定して示した。

表-2 劣化検出面積の比較(浮きのみ)

構造物名	撮影面積 (㎡)	劣化検出面積 (㎡)		検出面積比 ①/②
		① 赤外線法	② 目視・打音法	
A	53.3	22.9	13.5	1.7
B	242.0	18.8	17.2	1.1
C	32.9	18.0	7.1	2.5
D	7.9	0.6	0.7	0.9

図-3と図-4を比較すると、浮きの生じている劣化面積は赤外線法によるものが大きく検出されている。この傾向は表-2に示す4つの構造物における検出結果にも共通している。特に構造物AおよびCの検出面積に差異が認められたので、コア採取によりコンクリート内部の浮きの深さを調べた。その結果を表-3に示す。コア採取法による内部劣化の検出区分を基準として赤外線センサの適用性を調べると、表-3に示すように打音法で検知できなかった部位についても内部劣化を検知することができ、劣化深さについても約70%の割合で一致することが確認された。

表-3 浮きの検出結果の比較

採取コアNo.	構造物 A				構造物 C			
	劣化判定		劣化深さ区分		劣化判定		劣化深さ区分	
	打音法	コア採取法	コア採取法	赤外線法	打音法	コア採取法	コア採取法	赤外線法
1	○	○	Ⅱ	Ⅱ	○	○	Ⅱ	Ⅱ
2	×	○	Ⅱ	Ⅱ	○	○	Ⅱ	Ⅱ
3	×	○	Ⅱ	Ⅱ	○	○	Ⅱ	Ⅱ
4	×	○	Ⅱ	Ⅱ	○	○	Ⅱ	Ⅱ
5	×	Ⅳ	(検出不可)	Ⅳ	○	○	Ⅱ	Ⅱ
6	×	Ⅳ	(○)	Ⅳ	○	○	Ⅱ	Ⅱ
7	×	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	○	○	Ⅳ	Ⅱ
8	×	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	×	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ
9	×	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	○	○	○	○
10	×	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	○	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
11	×	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	○	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
12	×	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	○	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
13	×	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	○	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ
14	×	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	○	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
15	×	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	×	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
16	×	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	×	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
17	×	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	○	○	○	○
18	×	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	×	○	○	○
19	×	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	×	○	○	○

凡 例	
区分	劣化深さ (mm)
○	0
I	1～35
Ⅱ	35～70
Ⅲ	70～100
Ⅳ	100～120
○:健全部 x:劣化部	

なお、表-3においてコア採取法と赤外線法の劣化深さ区分が異なる部位は、劣化部の深さが赤外線センサの検知限界を超えている部分か、側面からの温度の影響を受けやすい部材隅角部、あるいはフレーク状の浮きが生じて著しく脆弱化している部分であった。

5. まとめ

- 1) 赤外線センサ法は、従来の打音による調査では検知できない鉄筋位置近くの深い位置における浮きも検出可能である。
- 2) 今回試験を進めてきた赤外線センサによる劣化部の抽出は、種々の劣化のデータベースを元に熱映像をシミュレーションし劣化部を抽出するため、解析者ごとの個人差が少なく精度のよい検出が可能なものと思われる。

6. あとがき

コンクリートの劣化部検知における赤外線センサの適用は、経年変化データのカルテ化が容易であり、なおかつ比較的広範囲の面積を短時間で探査することができ、足場等の仮設備も不要なことから作業性、安全性に優れており、今後多くの利用が期待されるものと思われる。