

V-172

表面温度情報によるRC構造物の
内部異常診断

日本大学生産工学部 正会員 柳内陸人

1. まえがき

既存のRC構造物の内部には、施工時の不良、鉄筋の腐食および種々の荷重による疲労などにより空隙やひび割れなどの内部異常個所が存在している。時を経るにしたがい進行する内部異常に対しては、これを放置すると構造物の耐用年数を著しく縮め、強いては大修繕を要することになるので、日常の定期的な点検によって内部異常を診断して、その発生個所を探る必要がある。これらに対する測定は、AE法や超音波法などによる方法⁽¹⁾あるいは表面温度情報による方法⁽²⁾などの非破壊試験法が試みられている。本研究は、劣化が激しいために架け換えが必要となったRC構造の橋脚を対象として表面温度情報による内部異常診断を試み、その結果を超音波法による内部診断および圧縮強度試験による強度診断などで検証した実験結果について述べたものである。

2. 実験概要

2.1 表面温度測定実験

実験対象のRC構造物は、昭和40年代前半に架設された道路橋を架け換えのために除去された橋脚の一部である。RC構造物の内部異常個所を診断するための温度情報は、熱赤外線センサ（波長は $8\sim 12\mu\text{m}$ の遠赤外線域に応答）で測定して得られる表面温度分布画像であり、RC構造物の表面を一定時間熱照射して放置したときの表面温度変化である。温度測定実験は、気温 5°C 、天候曇りの野外で行われ、構造物表面への熱照射は、アスファルト舗装時などに用いられるプロパンガスバーナー（火炎長さ 410mm 、ガス消費量 1.8 kg/hr ）を使用し、 $500\text{ mm}\times 500\text{ mm}$ の範囲が一様に熱せられるように左右に移動しながら、それを5分間続けた。

2.2 内部異常検証実験

熱赤外線センサにより測定された経過時間の異なる幾つかの構造物表面の熱画像のなかから、環状の高温域および低温域が最も明瞭に現われている温度分布パターンを示す画像を抽出し、その画像の高温および低温個所から $\phi 100\text{ mm}\times 200\text{ mm}$ のコアを採取して以下の内部異常診断実験を行った。(1)採取した円柱型コアに対して、表面から軸方向 25mm ピッチで径方向に超音波非破壊試験により超音波（周波数 50kHz 、縦波）パルスを放射して音波が直径間 $L(10\text{mm})$ を伝播する時間 $T(\mu\text{sec})$ を計測し、その位置の音速 $V(\text{km/s})$ を求めた。(2)採取した円柱型コアに対して、JIS A 1108に準じて圧縮強度試験を行い、軸方向の圧縮強度を求めた。

3. 実験結果

3.1 熱赤外線センサによる表面
温度の測定

写真-1および図-1は、RC構造物の表面に5分間熱を照射した後、熱照射を停止して自然放置し、2分間経過した時点で熱赤外線センサで測定されたRC構造物表面の温度分布を示す熱画像および画像内に現われている高温域と低温域を抽出した図である。



写真-1 熱赤外線センサで測定された表面温度分布画像

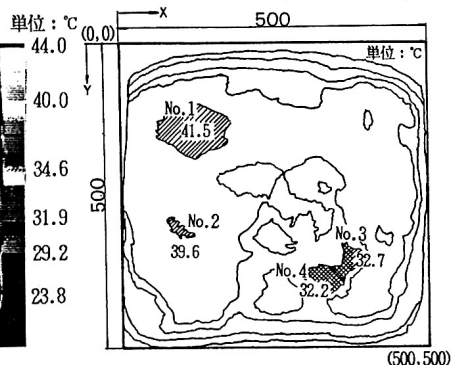


図-1 高温および低温域抽出図（斜線部は高温域、格子部は低温域）

る。測定された熱画像には一様な温度分布は見られず、局所的に高温域や低温域が分布している状態が現われている。表-1は、測定された高温域および低温域の画像上の輝度値から換算した表面温度である。測定された表面温度分布に局所的な高温域や低温域が現われるのは、内部に熱伝導の異なった個所があるためであり、空隙などにより熱伝導率が小さくなる個所がある場合は高温域に、鉄筋などにより熱伝導率が大きくなる場合には低温域になる。⁽³⁾⁽⁴⁾

3.2 超音波および圧縮強度

図-2は、熱赤外線センサで測定された表面温度の高温域の2ヶ所（No.1、No.2）および低温域（No.3、No.4）から採取したコアの径方向の音波速度である。測定された音波速度は、表面温度が最も低い位置を除いてどのコアも表面に近い方が音波速度が小さく、表面から25mmの位置では表面温度の高い位置のコアほど音波速度が小さい傾向が現われた。しかし、表面温度の高い2ヶ所のコアには50mm以上になるとその差が認められない。測定された音波速度が小さくなるのは、熱伝導と同様に伝播速度が異なる個所があるためであり、内部に空隙がある場合には小さくなる。図-3は、表面温度と超音波速度との関係を示した図で、超音波速度は、表面から50mmの測定値の平均値である。No.1、No.2、No.3およびNo.4から採取したコアの軸方向の圧縮強度は、5.25kg/cm²、6.90kg/cm²、9.75kg/cm²および10.15kg/cm²である。測定された圧縮強度は、表面温度が高い位置のコアほど小さい値となっている。コンクリートの圧縮強度は、材料、配合およびセメント量などに支配されるが劣化の状態にも影響され、ひび割れや空洞化など内部に空隙が多くなれば小さくなる。図-4は、超音波を表面から25mmから175mmまでの測定値の平均値である音波速度と圧縮強度との関係を示したものである。

4.まとめ

劣化が進んでいると思われるRC構造物の橋脚を対象にして、その表面に熱を照射して放置し、その表面温度変化の時間経過毎に熱赤外線センサで追跡すると、その熱画像には局所的に相対的な高温域ならびに低温域が現われた。この高温域および低温域を示す位置のコアを採取して超音波および圧縮強度試験で内部状況を推測したところ、表面温度と内部異常との間に関連性があることが認められ、熱赤外線センサで得られる表面温度情報からコンクリート構造物の内部診断が可能であり実用化が期待できる。

(1)明石外世樹：コンクリートの非破壊試験に関する研究

土木学会論文集 第390号/V-8 1988年2月

(2)柳内睦人、竹内十三男、山本高義：コンクリートの熱時特性の研究における状態の

赤外線センサ利用について コンクリート工学協会 論文No.88.11-1

表-1 表面温度分布画像に現われた高温、低温域の温度

測定位置	中心位置 (mm)		温度 (°C)
	x軸	y軸	
No. 1	100	120	41.5
No. 2	70	400	39.6
No. 3	300	250	32.7
No. 4	380	400	32.2

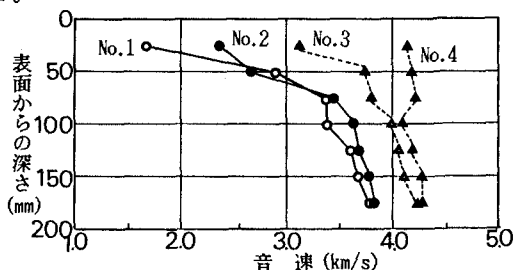


図-2 表面温度の高温および低温域で採取したコアにおける音波速度

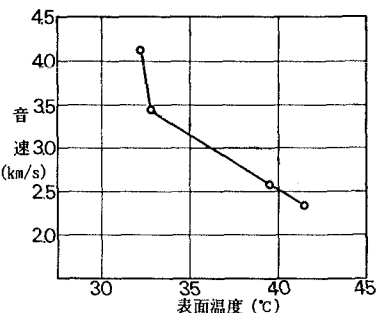


図-3 表面温度と内部音波速度との関係

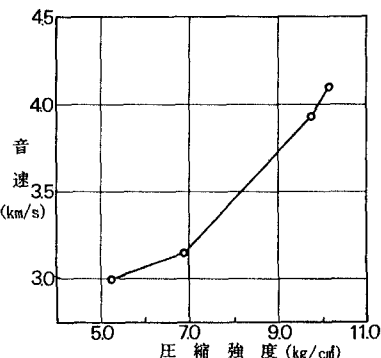


図-4 表面温度と圧縮強度との関係

(3)柳内睦人、竹内十三男、山本高義：コンクリートの表面熱情報による内部状態の判読
日本リモートセンシング学会

第6回学術講演会論文集 昭和61年12月

(4)柳内睦人、竹内十三男：鉄筋コンクリート表面の熱的特性の実験的研究 土木学会第43回年次学術講演会