

熱赤外線映像装置を用いたコンクリート内部空洞の検出とその解析

長崎大学大学院 学生員○久田真太郎 長崎大学大学院 正会員 浅利 公博
 長崎大学工学部 正会員 山中 稔 長崎大学大学院 正会員 後藤恵之輔

1. はじめに

維持管理における空洞調査方法としては、多くは経験的な打音調査が用いられているが、この打音調査では、崩壊の危険性がある作業となり災害を引き起こす場合¹⁾があるため、非接触・非破壊型の調査手法が望まれ、その手法の一つとして熱赤外線映像法がある。これまで熱赤外線映像装置を用いた調査を実施してきたが、吉谷らの研究において、人工加熱を行い、その後の自然冷却過程を熱赤外線映像装置を用いて観測し、内部の性状の違いが表面温度の違いとして捉えることができた²⁾。

本研究では、空洞などの変状部において、空洞の大きさ、深さ、厚さからの表面温度の違いというものが知り得ることができる可能性を室内実験や理論解析から検証を試みた。

2. 調査及び調査結果概要

福岡A橋(橋長:52.000m、桁長:12.980m×4連、上部工形式:単純鉄筋コンクリートT桁橋)において、熱赤外線映像装置による変状部の抽出を試みた。事前に行われた打音調査で変状部(剥離)が判明している主桁側面に人工的加熱を行い、熱赤外線映像装置で観測した。図-1に自然冷却終了時の熱画像を示し、図-1中の点線枠内は、周囲に比べ低い温度分布を示し、変状部である可能性がある。この枠内においてa~dの変状部、e・fポイントの健全部と考えられる各点についての温度変化を図-2に示す。自然冷却過程での温度変化に変状部と健全部に違いが生じることが判明した。この変状部と判断された箇所付近のコアを抜き取り、剥離の存在が確認されている。

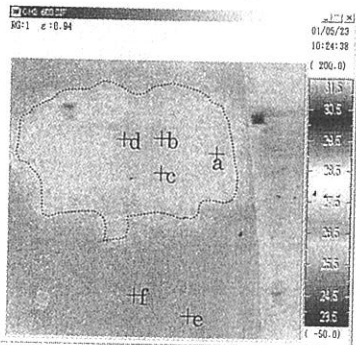


図-1 自然冷却終了時の温度分布の熱画像
 (点a~d:変状部 点e, f:健全部)

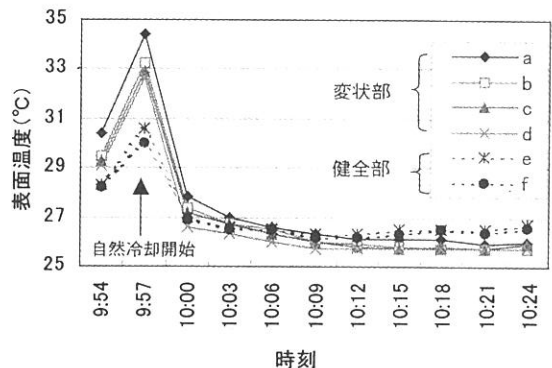


図-2 観測温度の経時変化グラフ

3. 室内実験

1) 実験概要

図-3に示すような観測面から空洞までのかぶり厚10mmの場所に空洞(空洞厚0.1mm、0.2mm、0.3mm、0.5mmの4種類)を施したコンクリート供試体(幅480mm×高さ250mm×深さ250mm)に人為的加熱を行い、熱赤外線映像装置を用いて表面温度変化の観測を行った。また、熱移動が一方方向になるように、断熱材として発泡スチロールを側面、底面、上面に設置し、極力熱の放出がないようにした。

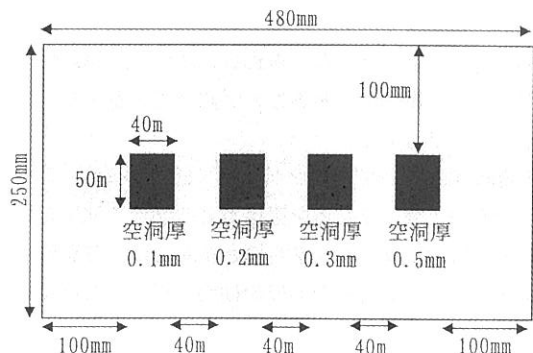


図-3 実験供試体の概要図

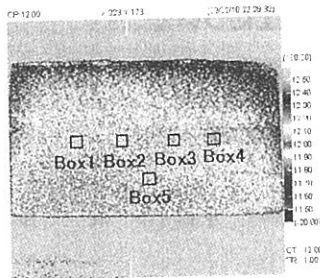


図-4 加熱開始 20 分後の熱画像

(Box1~Box4:各空洞部 Box5:健全部)

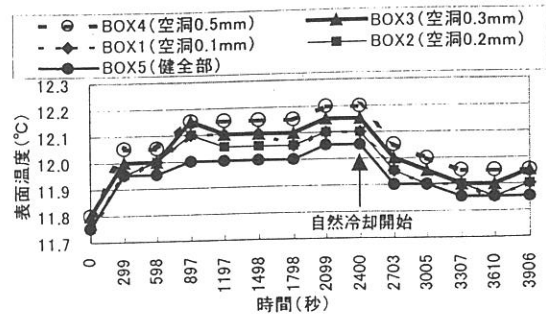


図-5 観測温度の経時変化グラフ

2) 実験結果

図-4 には加熱開始 20 分後の熱画像を示す。図-4 中の Box1 は空洞厚 0.1mm、Box2~Box4 を各々空洞厚 0.2、0.3、0.5mm とし、Box5 を健全部として領域温度を観測した。また、図-5 には、Box1~Box5 の領域温度の経時変化のグラフを示す。冷却過程だけでなく、加熱時の温度変化も健全部と各空洞部において、装置の精度の影響が考えられるため、空洞 0.1mm と 0.2mm は同じ温度変化だったが、各空洞別に空洞 0.1mm (0.2mm) → 0.3mm → 0.5mm と空洞厚が厚くなると温度が高くなることが表れている。

4. 定常熱伝導シミュレーション

1) モデルの概要

有限要素法を用いたシミュレーションにより、空洞の位置、大きさによる温度変化の違いについて考察した。図-6 のように、コンクリート構造物に空洞がある場合において、表面から空洞までの距離を D 、空洞の長さを L 、空洞の厚さを W という空洞において、空洞の長さ $L=10\text{cm}$ 、モデルの深さを $7L$ と一定として定常状態の計算を行った。使用した物性値は、コンクリートの熱伝導率を $\lambda=1.0\text{W/K}\cdot\text{m}$ 、空洞の熱伝導率を $\lambda=0.025\text{W/K}\cdot\text{m}$ とした。境界条件として表側には、 $q=100\text{W/m}^2$ の熱を与え、コンクリート内部の温度を 20°C として、表面温度がどのようになるかシミュレーションを行った。図-6 内に示す箇所の表面中心温度に着目した。

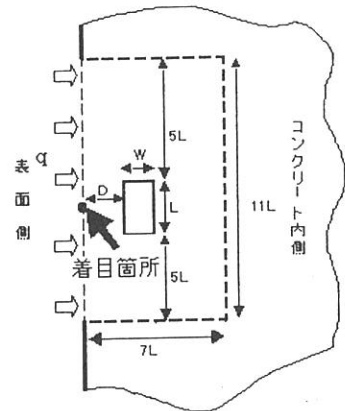


図-6 シミュレーションモデル

2) シミュレーション結果

図-7 のように、表面から空洞までの距離が小さくなればなるほど、また、空洞厚が大きくなればなるほど、表面温度が高くなっていくことがわかる。このことは、空洞厚と温度変化の関係に関する実験の結果とも一致する。

5. おわりに

実験や理論解析から熱赤外線映像装置による観測で、知り得る情報が増え、今後の調査に反映できると思われる。そのため、さらに現地の状況に対応できる理論解析を行う予定である。

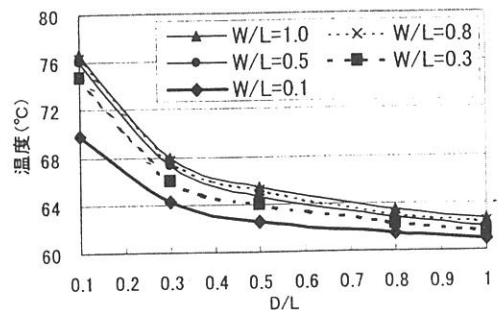


図-7 シミュレーション結果

参考文献

- 1) 山中 稔, 後藤健介, 後藤恵之輔, 渡邊浩平: 2001 年 1 月長崎県時津町がけ崩れ災害における熱赤外線リモートセンシングの適用, 第 2 回最近の地盤計測技術に関するシンポジウム発表論文集, 地盤工学会関西支部, pp.31-34, 2000.
- 2) 吉谷幸記, 浅利公博, 渡邊浩平, 後藤恵之輔: 加熱・冷却過程の熱赤外線映像を用いたコンクリート橋梁の非破壊検査, 平成 13 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.A570-A571, 2002.