

日影を利用した赤外線映像装置によるコンクリート内部欠陥深さの推定に関する基礎的研究

茨城大学工学部 学生会員 矢口 雅博  
 茨城大学工学部 正会員 沼尾 達弥  
 茨城大学工学部 正会員 福澤 公夫

1. はじめに

既存の鉄筋コンクリート構造物(以下RC構造物)の内部には、施工不良や、鉄筋の腐食、様々な荷重や疲労等により、空隙やひびわれ等の内部欠陥が存在する。内部欠陥は、時間経過とともに進行し、RC構造物の耐用年数を著しく縮めるため、補修・補強の必要が生じてくる。したがって、定期的な点検により、早期にRC構造物内部の異常箇所の特定を行い、劣化状況および欠陥箇所を把握して事前に補修方法の立案や補修対策をする必要がある。

その有効な非破壊検査手法の一つに、赤外線サーモグラフィ法がある。サーモグラフィ法は、欠陥部と健全部との温度差を画像上に表示でき、視覚的に欠陥部を判断できるとともに、広範囲の表面温度も検知できる。しかし、その反面、気象条件や壁面の方位などの環境条件によって影響を受け易く、精度の高い欠陥深さの検出は困難である。

本研究では、赤外線映像装置を用いた内部欠陥検出の測定結果を乱す要因の一つである日影を逆に利用することにより、コンクリート内部欠陥深さをより精度良く推定するための基礎的研究として実験および解析的検討を行った。

2. 実験および解析方法

2.1 実験概要

供試体は図1に示すように、300×300×200mmのコンクリート内部に、100×100×10mmの発泡スチロールを、供試体中央部内部表面から各30、50、70mmの深さに配置した。なお、コンクリートの配合は水セメント比50%、スランプ9cm、空気量2.5±1.5%とした。

本実験では、表面に日影を作り出す棒状の障害物を用い日影作り実験を行った。熱付加は、屋外環境に静置した供試体表面への太陽光放射にて生じさせた。なお、欠陥部と健全部の表面温度差を調べるため、欠陥部の温度として供試体表面中心部(A点)とし、健全部の温度として、中心から上下70mmの点(B点、C点)の、平均温度を用いることとした。

また、図2および以下に測定方法と測定概要を示す。

供試体は、24時間前に屋外環境下に放置し、外気温に十分になじませておく。

熱移動を一面のみとするため、発泡スチロール製の断熱材を用い供試体測定面以外の箇所を覆い断熱した。

供試体表面に日影ができるように障害物を赤外線映像装置の脇に固定し、太陽の方位角、角度の経時変化により、時間経過とともに供試体左端から右端へ移動していく日影面を、赤外線映像装置により撮影した。

同時に日射量、外気温、風速の経時変化を測定した。なお、確認のため熱電対による表面温度の測定も行った。

2.2 解析概要

本解析では、図3に示すような300×300×100mmの解析モデルを使用し、10節点四面体伝熱ソリッド要素を用いた3次元時刻歴伝熱解析を行った。メッシュ分割する要素サイズは10mmとした。図4にメッシュ分割モデルを、表1に解析に用いた各熱物性値を示す。

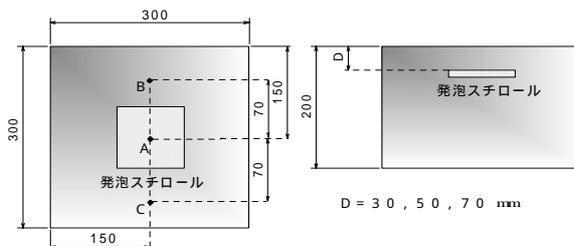


図1 供試体寸法

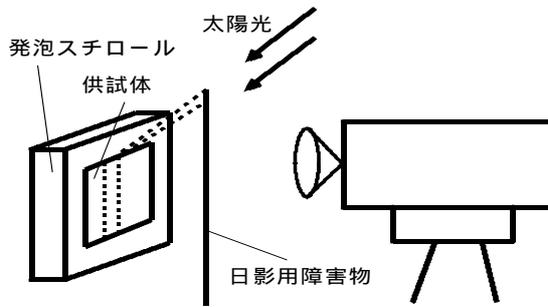


図2 測定概要

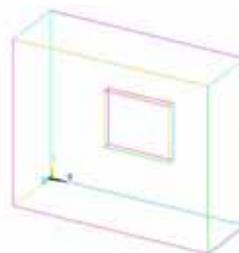


図3 解析モデル

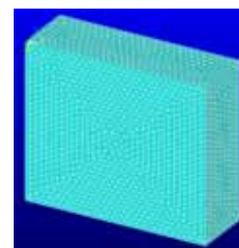


図4 メッシュ分割モデル

キーワード 非破壊検査, サーマグラフィ法, 内部欠陥, 欠陥深さ

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL:0294-38-5274 FAX:0294-38-5268

### 3. 結果と考察

#### 3.1 実験結果

図5に各内部欠陥深さの赤外線画像を、図6に内部欠陥深さと欠陥部と健全部の温度差の関係を示す。図5中(a)の内部欠陥箇所に日影が投影される前の赤外線画像では、内部欠陥深さ30mmの温度差が0.5の場合で欠陥検知可能となったが、内部欠陥深さ50mm、70mmでは温度差が0.3、0.2と低く赤外線画像での欠陥検知が不可能であった。これに対して図中(b)の内部欠陥箇所に日影が投影された赤外線画像では、内部欠陥深さ30mmでは温度差が1.7、内部欠陥深さ50mmでは0.8、内部欠陥深さ70mmでは0.6の温度差が得られ欠陥検知が可能であった。これは供試体に熱付加が加わると、健全部では供試体幅まで熱移動が起きるが、欠陥部では欠陥部までしか熱移動が起きず、熱は欠陥部で滞留する。欠陥部で滞留した熱は、欠陥深さが浅ければ表面が高温として現れるが、欠陥深さが深いと表面が高温として現れるのが確認できない。しかし、本研究のように日影を用いる事により一時的に熱付加を遮断し、日影部の表面温度を低下させることによって、欠陥部で滞留した熱が高温として現れ、温度差が生じる。そのため欠陥部がない部分では日影部は一樣の温度分布を示し、欠陥がある部分では日影部が高温に映り中央部が窪んだ形状になる。よって日影を利用することで、鉄筋のかぶり深さに相当する70mmまで欠陥検知を確認できた。

#### 3.2 解析結果

図7に内部欠陥50mmの解析結果を示す。図中左の内部欠陥箇所に日影が投影される前の画像で、図中右は内部欠陥箇所に日影が投影された画像である。内部欠陥箇所に日影が投影される前の解析結果では、内部欠陥深さ30mmの温度差が0.83の場合で欠陥検知可能となったが、内部欠陥深さ50mm、70mmでは温度差が0.01、0.08と低く赤外線画像での欠陥検知が不可能であった。これに対して内部欠陥箇所に日影が投影された解析結果では、内部欠陥深さ30mmでは温度差が2.09、内部欠陥深さ50mmでは0.68、内部欠陥深さ70mmでは0.51の温度差が得られ欠陥検知が可能であり、実験値と同様の結果であった。これより、日影を考慮した解析によっても、内部欠陥深さをより良く推定できるものと考えられる。

#### 4. まとめ

日影の影響を利用することにより、欠陥部と健全部の表面温度差が大きくなり、内部欠陥検出深さは70mmまで精度を上げることが出来る。

欠陥部と健全部の表面温度差から、内部欠陥深さをより良く推定できる可能性が、実験および解析により示された。

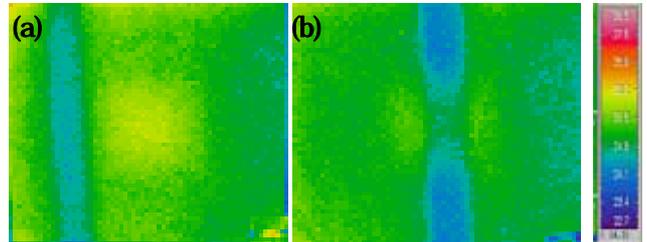
#### 参考文献

1) 山田和夫、安藤秀則：強制加熱を利用したサーモグラフィー法によるコンクリートの内部評価、コンクリート工学年次論文集、Vol.24、No.1、2002

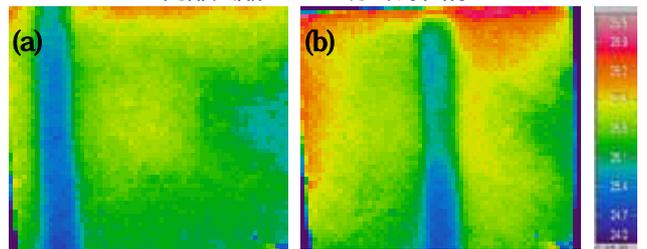
表1 熱物性値

| 材料      | 熱伝導率<br>(W/m·K) | 比熱<br>(J/kg·K) | 密度<br>(kg/m <sup>3</sup> ) |
|---------|-----------------|----------------|----------------------------|
| コンクリート  | 1.6             | 1050           | 2360                       |
| 発泡スチロール | 0.04            | 1130           | 12                         |

内部欠陥30mm 赤外線画像



内部欠陥50mm 赤外線画像



内部欠陥70mm 赤外線画像

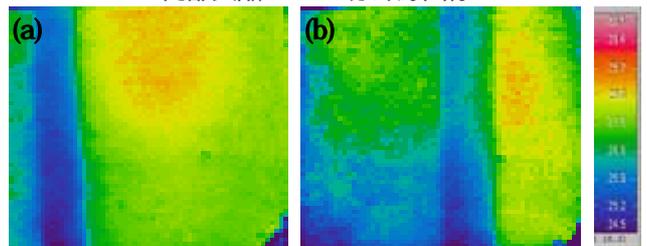


図5 赤外線画像

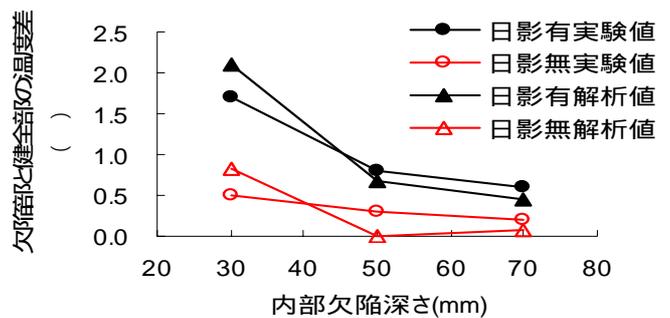


図6 内部欠陥深さと欠陥部と健全部の温度差

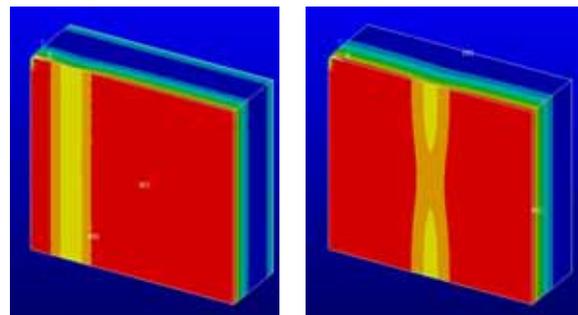


図7 内部欠陥50mm 解析結果