

V-600

サーモグラフィ法によるコンクリートのひび割れ評価に関する基礎的研究

東京工業大学大学院 学生員 松本充生

東京工業大学工学部 正会員 鎌田敏郎

東京工業大学工学部 正会員 長滝重義

1. はじめに

サーモグラフィ法は、コンクリートの剥離や内部欠陥を非接触で面的に測定でき、かつ視覚的に判断できるという優れた特徴をもつため、有力な非破壊試験法としてコンクリート分野に応用されている¹⁾。しかしながらサーモグラフィ法は、物質表面から放出される赤外線エネルギーを検出することにより物質の表面温度を測定するものであるため、その検出精度は表面部の欠陥には敏感であるが、表面から深い位置の欠陥になるほど検出が難しく、従来の方法ではひび割れ深さの推定は困難であった。そこで本研究では、コンクリート供試体中に棒状ヒーターを挿入し、コンクリートの表面から深さ方向に対して一様に加熱を行うことによって、深さ方向に対して直角方向に強制的に温度勾配を与え、赤外線計測装置により表面温度を温度測定することによりひび割れ深さを評価する手法を検討した。実験においては、人工的にひび割れを設定した供試体を用いて、①ひび割れ幅が温度勾配に与える影響②ひび割れ深さが温度勾配に与える影響③ひび割れの熱源からの距離が温度勾配に与える影響を調べ、ひび割れの定量的な評価法の検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 供試体の概要

実験では図-1に示すように、中心に棒状ヒーターと円周方向に人工ひび割れを設定した $\phi 15 \times 15\text{cm}$ の円柱供試体を用いた。使用したヒーターは $\phi 1.2\text{cm}$ 、長さ 20.5cm の300Wセラミックヒーターである。モデル供試体を製作するにあたっては、ひび割れ深さ測定において粗骨材の存在による不均一さが結果の安定性に与える影響を除外するためモルタルを用いた。また人工ひび割れには、熱伝導率が空気に比較的近いことからコルクシートを使用した。検討ケースとしてまず、ひび割れ幅が温度勾配に与える影響を調べるため、厚さ0.5, 1.0, 2.0mmの場合について検討を行った。この時のひび割れ深さは各ケースとも3cmとした。次にひび割れ深さが温度勾配に与える影響と、ひび割れの熱源からの距離が温度勾配に与える影響を調べるために、ひび割れ深さを1, 3, 5, 7cmとしたケースについてそれぞれ、ひび割れとヒーター中心までの距離を4, 5, 6cmとした計12種類の供試体において検討をおこなった。この時のひび割れ幅はすべて0.5mmとした。また測定の際、加熱時の蒸発による水分量の変化の影響を除くため、7日間、40℃の条件で供試体を乾燥させた。

2. 2 測定概要

図-2に赤外線測定の概要を示す。供試体表面とカメラヘッドの距離は85cmとした。測定は恒温室内で行い室

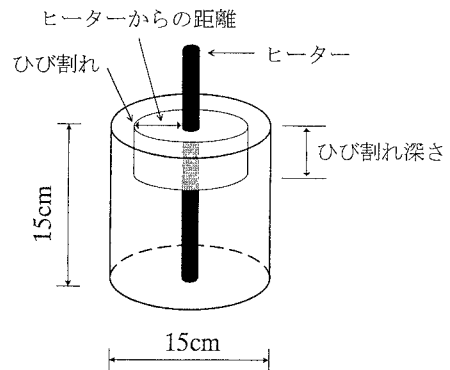


図-1 供試体の概要

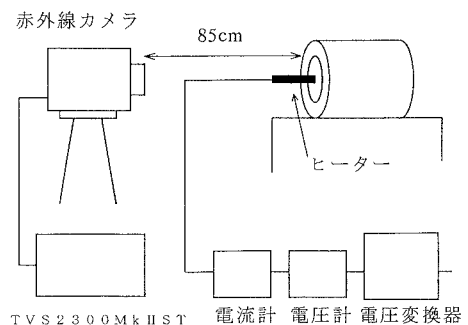


図-2 測定概要

温を 20°C で一定とした。また電圧を調節することにより 30V で一定とし、3時間加熱した。

3. ひび割れ評価の方法

図-3に熱源からの距離が 4cm の位置に、深さ 3cm 人工ひび割れを入れた円柱供試体を3時間加熱した場合の半径方向温度勾配を示す。熱源からの距離 4cm の位置で他の部分に比べて明らかに温度勾配が大きい部分が存在する。これはひび割れ部分が空気層であり、熱伝導率がモルタルより小さいことによるものであると考えられる。この図においてひび割れ位置を定義し、その地点を中心に半径方向に10画素分（1画素分の距離は 1.17mm ）の距離をとり両端の温度差を求め、この温度差によりひび割れを評価することとした。

4. 結果および考察

図-4にひび割れ幅と温度差の関係を示す。これによりひび割れ深さが一定である場合、ひび割れ幅が大きくなるほど、温度差は大きくなる直線的な関係が得られた。またこれにより 0.5mm のひび割れにおいても温度差の測定が十分に可能であることがわかった。

図-5にそれぞれヒーターからの距離が $4, 5, 6\text{cm}$ の系列について調べた加熱開始後3時間経過時での、ひび割れ深さと温度差の関係を示す。これにより、ひび割れ深さが大きくなるほど温度差が大きくなり、ほぼ直線的な関係にあることがわかった。

従ってこれらの関係を用いることにより、ひび割れ幅、ひび割れのヒーターからの距離を考慮したひび割れ深さの推定が本手法により可能であることがわかった。

また図-5において、ヒーターからの距離が $5\text{cm}, 6\text{cm}$ の系列については、ひび割れ深さが 7cm のときの温度差を過小評価していることがわかるが、これはひび割れのヒーターからの距離、ヒーターが与える熱量、ヒーターの挿入深さ等の要因が影響しているものと思われ、今後さらに適切な測定条件の検討が必要と考えられる。

5. まとめ

人工ひび割れ供試体を用いたモデル試験において、温度勾配に現れるひび割れの影響による温度差を測定することにより、ひび割れ幅、ひび割れ深さ、ひび割れのヒーターからの距離と温度差の関係を調べ、これによりコンクリート表面温度分布から、ひび割れ深さが推定できることがわかった。

【参考文献】

1) 例えば、柳井睦人・魚本健人：熱赤外線計測技術を利用したコンクリート構造物内空隙・鉄筋の判読に関する基礎的研究、土木学会論文集 No.442/V16, pp.91-100, 1992.2

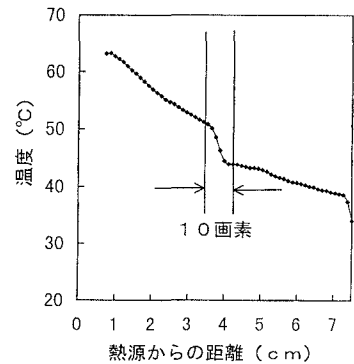


図-3 温度差の定義

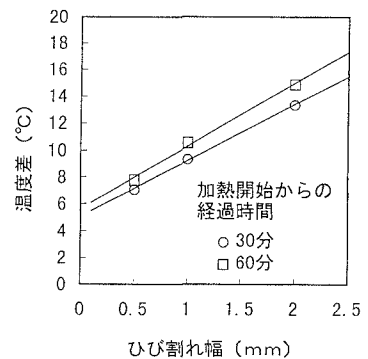


図-4 ひび割れ幅と温度差の関係

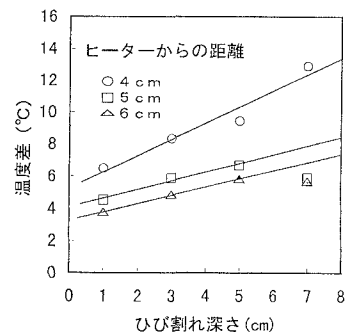


図-5 ひび割れ深さと温度差の関係