

赤外線サーモグラフィ法による欠陥・鉄筋探査へのマイクロ波加熱の適用性に関する研究

東京理科大学大学院 学生会員 小林 祐紀
 東京理科大学 正会員 辻 正哲
 神戸大学 正会員 竹野 裕正

東京理科大学 宮野 雄一郎
 京橋工業株式会社 正会員 並木 宏徳

1. はじめに

非破壊試験は構造物に損傷を与えずに実施できるため、鉄筋コンクリート構造物の検査に幅広く用いられるようになってきている。なかでも、サーモグラフィ法は、非接触で大面積に適用できることなどから、各方向で研究・開発、実用化されてきた。しかし、この方法で対象となっている欠陥は浮きや剥離、内部欠陥に限定されている他、赤外線ランプやジェットヒーターを用いたアクティブ加熱方法においても、風の影響や検査に要する時間などの点で検討の余地が残されている。

本研究では、コンクリートを電子レンジ等で用いられているマイクロ波の照射により加熱し、赤外線サーモグラフィを用いて、コンクリート中の欠陥と同時に、導体でかつ熱伝導率の大きい鉄筋の探査を行うという新しい方法を提案し、その適用性についての検討を行った。

2. 実験概要

実験では、水セメント比 50%の一般的なコンクリートを用い、欠陥の無い無筋供試体、内部欠陥探査用供試体、鉄筋探査用供試体を作製した。欠陥の無い無筋供試体の寸法は、300×900×100mmである。内部欠陥は、供試体中央部に 50×50×20mmの角を 10mm ずつ面取りした発泡スチロールをコンクリート中に埋め込み、コンクリート硬化後にアセトンを用いて溶解洗浄して作製した空洞である。また、鉄筋探査用供試体には、かぶり深さが 5、10、30 および 50mm となるように、丸鋼 22 を配置した。さらに、曲げ加工の繰り返しによりクラックを生じさせた鉄筋を配置した供試体も作製した。供試体表面と導波管との間隔（照射距離）は、10、30、60、90mm の 4 段階に変化させた。加熱時の導波管とコンクリートの相対速度は 140mm/min と一定にした。そして、コンクリートの表面温度が 40 前後になるまで

照射を繰り返し、加熱終了後供試体表面の温度分布を赤外線サーモグラフィによって測定した。この場合における照射の繰り返し回数は、おおよそ夏で 2 回、冬で 4 回であった。なお、照射したマイクロ波は、周波数 2.45GHz ・ 空気中での波長 120mm ・ 強度 1.0kW である。

3. 実験結果および考察

3.1 欠陥のない無筋供試体

マイクロ波照射直後に欠陥のない無筋供試体を割裂し、直ちに割裂断面の温度分布を測定した。結果、表面から内部へ 20～30mm 入った所で最も高温になった¹⁾。これより、マイクロ波は、コンクリート表面から減衰しながらコンクリートを加熱していくが、少なくとも表面から 20～30mm 伝播した後もかなりの加熱エネルギーを有していると思われる。

3.2 欠陥探査用供試体

図-1 は、欠陥深さが 40mm で照射距離が 60mm の場合のコンクリート表面温度分布を欠陥のない無筋供試体と比較したものである。比較すると欠陥部上に高温部が存在している。また、いずれの場合にも、供試体端部で高温部が存在するのは、試験の都合上、照射位置が供試体端部に達する以前から他端部を通り過ぎた後までマイクロ波を照射し続けたことによると考えている。

表-1 は、内部欠陥探査結果の例を示したものである。照射距離が 60mm で欠陥深さが 20 および 30mm の時には、欠陥部上が試験日によって、高温となったり、低温となったりしたのは、照射距離やコンクリートの若干の誘電率の変化によってマイクロ波が欠陥部に伝播する以前にほとんど減衰して発熱してしまうか、逆に、かなりのエネルギーが残っているかによって変化したと考えている¹⁾。

3.3 鉄筋探査用供試体

表-2 は、照射距離が 60mm の場合における鉄筋探

キーワード 赤外線サーモグラフィ法 マイクロ波 コンクリート 非破壊検査

連絡先 〒278-1501 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学土木工学科 saori@rs.noda.tus.ac.jp

査の実験結果の例を示したものである。また、図-2は、照射距離が60mmの場合の鉄筋探査用供試体の温度分布である。かぶり5mmおよび10mmの鉄筋中心部分は低温部でその周囲は高温部、かぶり30mmおよび50mmの鉄筋部分は高温部として検出された。ここで、コンクリート中を25mm程度伝播してもマイクロ波はかなりの加熱エネルギーを有していると仮定した。その結果、かぶり5mmおよび10mmの場合では、マイクロ波は鉄筋によってほとんど反射され、かぶりが小さいことから一部は、コンクリート中に吸収されず表面より大気中に放出されてしまうことになる。したがって、鉄筋上は、低温部となり、その周囲で高温となると推測される。逆に、かぶり30mmおよび50mmの場合には入射・反射波の両者ともかぶり部のコンクリート温度の上昇に寄与するため、鉄筋上も高温部となると推測される。いずれにしても、導体である鉄筋に向かって電気力線が集中することから、鉄筋周囲まで含めると他の部分より高温になっていたようである¹⁾。

図-3は、曲げ加工でクラックを生じさせた鉄筋を配置した供試体の表面温度分布を示したものである。それが亀裂や破断によるものと特定できる段階に至っていないものの、何らかの異常高温部の存在を確認することはできた。なお、マイクロ波は横波であるため、照射するマイクロ波の向きによって鉄筋の存在を全く検出できない場合もあった。

4. まとめ

赤外線サーモグラフィ法におけるアクティブ加熱方法にマイクロ波を用いることによって、内部欠陥や鉄筋の存在部分に温度異常部を確認することができ、非破壊試験としての新しい加熱方法が提案できた。さらに今後、マイクロ波の伝播の仕方や熱伝導特性を明らかにすることで、非破壊試験方法として新しい展開が可能となると考えられる。

謝辞: 本研究に際し、実験を実施した京橋工業の関係者各位および東京理科大学卒論生 高橋正人氏、山本拓氏に感謝の意を表します。

参考文献

1) 吉田ら：マイクロ波加熱を適用した赤外線サーモグラフィ法による欠陥・鉄筋探査に関する基礎的研究、第31回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、V-62(2004)

表-1 内部欠陥探査の実験結果の例

欠陥深さ (mm) \ 照射距離 (mm)	20	30	35	40	50
10	-	-	-	x	-
30			-	x	-
60					
90			-	x	-

:高温として検出可能 :若干の温度異常部を確認
:低温として検出可能 x:検出困難

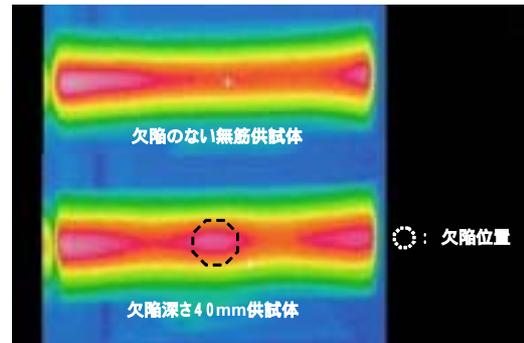


図-1 欠陥の有無による温度分布の違い

表-2 鉄筋探査の実験結果の例（照射距離60mm）

かぶり (mm)	5	10	30	50
欠陥の検出状況				

:高温として検出可能 :低温として検出可能

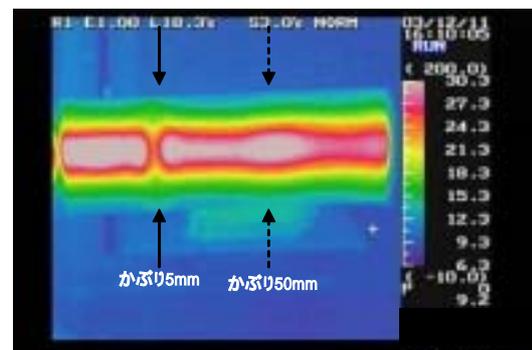


図-2 かぶり5mmおよび50mmの供試体の表面温度分布



図-3 クラックの生じた鉄筋を配置した供試体の表面温度分布