

マイクロ波加熱と赤外線サーモグラフィを用いた 透過法によるコンクリート中の内部欠陥および鉄筋探査試験

東京理科大学	学生会員	○小泉 裕樹	東京理科大学	正会員	辻 正哲
京橋工業	正会員	並木 宏徳	神戸大学	正会員	竹野 裕正
東京理科大学	学生会員	小林 祐紀	東京理科大学		中垣 毅

1.はじめに

近年、コンクリート構造物の維持・管理のため、非破壊試験が非常に大きな役割を担うようになった。こうした状況の下、昨年まではコンクリート構造物に対し非接触で迅速に大面積の測定ができるマイクロ波照射加熱を用いた赤外線サーモグラフィ法に関する研究を行ってきた。しかし、マイクロ波の照射面の温度分布は、マイクロ波の複雑な反射等の影響により健全な供試体でも均一にならず、欠陥部と混同するような温度異常を示すことがあり、確実な判定が困難となる場合があるという問題点が残った¹⁾。

本研究では、マイクロ波の反射等の影響を受けにくく熱伝導による温度上昇が卓越すると考えられるマイクロ波照射面の逆側すなわちうら面の温度分布を測定し、内部欠陥および鉄筋の存在を確認する透過法について検討した。なお、照射範囲の拡大を考慮して、マイクロ波の照射に当ってはホーンアンテナを使用した。

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、欠陥のない健全無筋供試体、内部欠陥探査用供試体、鉄筋探査用供試体を作製した。

内部欠陥探査用供試体は、寸法が H300×W450×D100mm であり、内部欠陥は寸法が 50×50×20mm の空洞とし、コンクリート表面から欠陥までの深さは 10, 20, 30, 40 および 50mm の 5 種類とした。空洞は発砲スチロールを所定の深さに埋め込み、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。また、マイクロ波照射の実験の都合上、供試体中央および端部が温まりやすいということを考慮して、内部欠陥の位置を図-1 のように定めた。

鉄筋探査用供試体は、寸法が H300×W900×D

100mm の供試体に異形鉄筋 D22 をかぶり方が 5、10、30 および 50mm になるように配置したもの、寸法が H300×W300×D200mm の供試体に曲げおよび曲げ戻しの繰返しにより破断させた異形鉄筋 D35 の破断間隔を 5、10 および 35mm と調整し、かぶり方が 10、50、100 および 150mm となるように 1 本ずつ配置したもの、寸法が H300×W300×D300mm の供試体に健全鉄筋をかぶり方が 10、50 および 100mm になるように 1 本ずつ配置したものの計 16 体である。なお、寸法が H300×W300×D300mm でかぶり 50mm のものについては、含水率を低くするため、乾燥炉で 3 日間乾燥させたものも使用した。

供試体へのマイクロ波照射方法は、内部欠陥探査用供試体、鉄筋探査用供試体ともに、ホーンアンテナを用い、照射距離と照射速度のみを変化させて照射条件を変化させた。マイクロ波照射後、供試体を反転させて、マイクロ波照射面の逆側であるうら面も赤外線カメラにより撮影した。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。

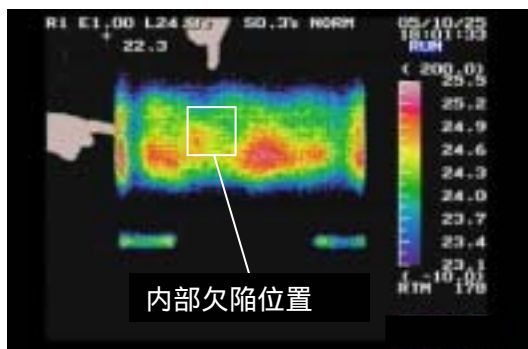
3.実験結果

(1)内部欠陥探査

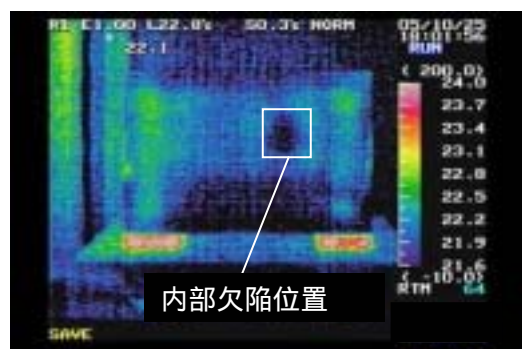
図-1(a)は、内部欠陥深さ 40mm の位置にある供試体に照射速度 30cm/min でマイクロ波を照射した後に照射した面(おもて面)を測定した画像であり、図-1(b)はその逆側の面(うら面)を測定した画像である。おもて面で他の温度異常部と明確な区別ができない端部でも、うら面においてははっきりと内部欠陥を確認することができた。今回の実験では、おもて面による測定で確認することができた内部欠陥深さは 10 および 20mm のみであり、うら面による測定では深さ 10、20、30、40 および 50mm までのすべての

キーワード マイクロ波, 赤外線サーモグラフィ, 透過法, 内部欠陥探査, 鉄筋探査

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL04-7124-1501(内線 4054) E-mail:saori@rs.noda.tus.ac.jp

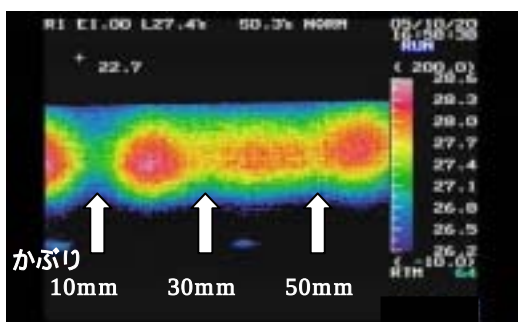


(a) マイクロ波を照射した面（おもて面）
の温度分布図

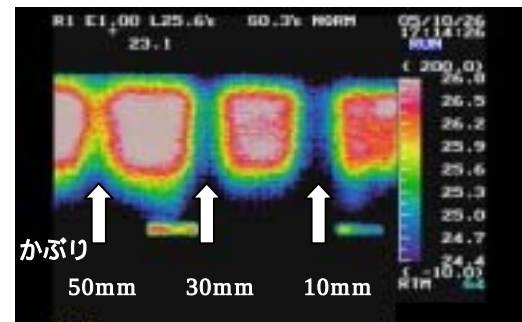


(b) マイクロ波を照射した面とは逆側の面（うら面）
の温度分布図

図-1 内部欠陥探査用供試体(欠陥深さ 40mm)の温度分布図(照射距離 20cm、照射速度 30cm/min)



(a) 鉄筋を配置した供試体のおもて面にお
ける温度分布図



(b) 鉄筋を配置した供試体のうら面にお
ける温度分布図

図-2 鉄筋探査用供試体(かぶり 10、30、50mm のみ)の温度分布図(照射距離 20cm、照射速度 15 cm/min)

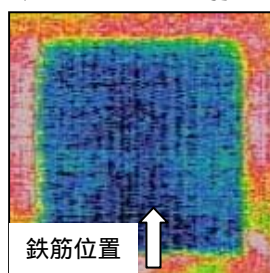
内部欠陥について欠陥部の異常温度分布を確認することができた。

(2)鉄筋探査

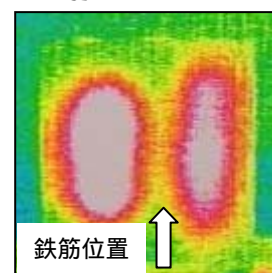
図-2(a)は、かぶりが異なるように鉄筋を配置した供試体に照射速度 15cm/min でマイクロ波を照射した後に照射した面(おもて面)を測定した画像であり、図-2(b)はその逆側の面(うら面)を測定した画像である。おもて面の画像では、かぶりが大きくなる程検出が難しくなる傾向を示したが、うら面ではかぶり 30、50mm の鉄筋も明確に検出することができた。

(3)厚みのある供試体における鉄筋の検出

厚みが 200mm の供試体においては、鉄筋のかぶりにかかわらず全ての供試体において検出することができた。しかし、図-3 に示したように厚みが 300mm となると、鉄筋を検出することは著しく困難となったが、供試体を乾燥させた場合には、うら面の温度分布を測定するという透過法により鉄筋を検出することができた。なお、透過法では、鉄筋に生じた破断を検出することはできなかった。



(a) 乾燥なし



(b) 乾燥あり

図-3 D35 の異形鉄筋を配置した厚み 300mm の供試体のうら面における温度分布図(かぶり 200mm)(照射距離 1cm、10 分間照射)

4.まとめ

本研究より、マイクロ波加熱後のうら面の温度分布を測定するという方法によっても、内部欠陥や鉄筋を検出できた。なお、この方法は、乾燥した場合には、厚さ 300mm まで適用可能である。

参考文献

- 1) 辻正哲、小林祐紀: マイクロ波加熱を用いた赤外線サーモグラフィ法によるコンクリート中の内部欠陥深さおよびかぶり検出方法に関する研究、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集第 5 巻、pp.203-210(2005)