V - 057

電磁誘導加熱を利用した鉄筋強制加熱によるコンクリート内部の 鉄筋腐食・空洞の検知に関する研究

中央大学 理工学部土木工学科 学生会員 〇宮口 往久 中央大学大学院 理工学研究科土木工学専攻 学生会員 堀江 宏明 五洋建設㈱ 技術研究所 主任 工修 正会員 谷口 修 中央大学 理工学部土木工学科教授 工博 正会員 大下 英吉

1. はじめに

著者らは、鉄筋コンクリート構造物の非破壊検査手法の 高機能・高精度化を目指し、様々な劣化性状を評価可能で ある新たな非破壊検査システム(以下、本システム)の構築 に着手している。本システムは、鉄筋コンクリート中に配 筋されている鉄筋を強制加熱させ、赤外線センサを用いて コンクリート表面の経時温度変化および温度分布を測定す ることによって、コンクリート内部の様々な劣化性状を統 一的に評価するものである。

既往の研究¹¹²⁾において、本システムは鉄筋腐食の有無, 空洞,ひび割れの検知についてその適用性が確認されてお り、熱伝導解析と併用することで鉄筋腐食の有無のみなら ず、腐食量まで評価可能であった。鉄筋への強制加熱手法 は、これまで通電加熱によって行っていたが、この方法を 実構造物に適用するには通電用の電極を設置するために、 配筋されている鉄筋をはつり出す必要があった。また、構 造物内には網の目状に何本もの鉄筋が配筋されているため、 実際に通電させたい鉄筋に電流が流れるのかが不明確であ った。したがって、本システムを実構造物に適用するため には、非破壊・非接触にて鉄筋を加熱する手法の開発が急 務であった。

そこで本研究は、コンクリート部材中の鉄筋を非破壊・ 非接触で加熱することが可能な電磁誘導加熱に着目し、既 往の研究との比較によりその有用性について検討を行った。 なお、対象とした劣化要因は鉄筋の腐食および空洞である。

2 電磁誘導加熱の概要

電磁誘導加熱とは商用電流をインバータによって高周波 電流に変換し、コイルに通電することによって、コイルか ら発生した磁界の影響により磁性体にうず電流によるジュ ール熱を発生させるものである³。

3 腐食鉄筋を有するコンクリート部材の表面温度性状

既往の研究¹⁾ではコンクリート中の鉄筋の腐食領域の 特性は、低い熱伝導率と大きな比熱を持つことがわかっ ており鉄筋腐食は、鉄筋からコンクリートへの熱伝導を 抑制することが報告されている。

本章では,鉄筋加熱手段として電磁誘導加熱を用い,腐 食鉄筋を有するコンクリート部材の表面温度性状を実験に よって評価したものである。 表-1 コンクリートの配合表

単位量(kg/m³)				
W/C(%)	粗骨材最大寸法(mm)	スランプ(cm)	空気量(%)	細骨材率(%)
60	20	10	5	43
水	セメント	細骨材	粗骨材	AE剤
162.0	270.1	850.6	995.4	2.7



図-1 腐食鉄筋を配置した供試体



図-2 加熱終了より300秒後の熱画像

3. 1 実験方法

本実験に用いたコンクリート供試体は、図-1に示すように、450×450×250mmの供試体であり、ともにD16の健 全鉄筋および全面腐食鉄筋をかぶり厚さ30mmの位置に配置したものである。なお、コンクリートの配合は、表-1 に示す通りである。

供試体内の鉄筋に貼付した熱電対により加熱中の鉄筋の 温度を測定し,鉄筋の加熱温度上昇量が約20℃になるまで 加熱した。その後,加熱終了後から5秒間隔で90分間コン クリート表面温度を赤外線センサにて測定した。供試体か ら赤外線センサまでの距離は2500mmとし,室温は24.4℃ の一定条件で実施した。



3.2 コンクリート表面の温度性状

図-2は、加熱終了より300秒経過した時点での供試 体全体の熱画像である。全面腐食鉄筋直上のコンクリー ト表面温度は、健全鉄筋直上と比較すると低い温度であ ることがわかる。

次に、図-3に供試体中心部の鉄筋直上のコンクリート 表面温度履歴を示す。全面腐食鉄筋のコンクリート表面温 度は健全鉄筋と比較すると最高温度が0.7℃低く、最高温 度からの温度低下割合が緩やかである。これは、鉄筋腐食 の有無によるコンクリートへの熱伝導に差異が生じたため である。

以上より, 電磁誘導加熱を用いた場合でも既往の通電 加熱と同様にコンクリート内部の鉄筋腐食性状を評価可 能であることがわかった。

4 空洞を有するコンクリート部材の表面温度性状

4.1 実験方法

本実験に用いたコンクリート供試体は、図-4に示すよ うに、570×300×180mmの供試体であり、かぶり厚さ30mm の位置に健全な鉄筋 D16 を水平方向に配筋したものである。 空気と似た熱的特性(大きな比熱、低い熱伝導率)を持つ発泡 スチロールを模擬空洞として用い、その寸法は50×50×10 mm および 30×30×10mm である。なお、加熱方法、測定 時間,測定間隔,測定距離,コンクリートの配合は2.1節 で述べた通りである。室温は20.5℃の一定条件で実施した。

4.2 コンクリート表面の温度性状

図-5は、加熱終了直後の供試体全体の熱画像である。 同図より、空洞の位置するコンクリート表面温度はその周 りの健全部と比較すると低くなっており、その位置および 大きさを確認することができる。

また、図-6に同時刻におけるコンクリート表面温度 分布を示す。同図より空洞が存在する部分のコンクリー ト表面温度は、他の部分よりも1℃以上温度が低くなっ ていることがわかる。また、温度が低い領域は、実際の 空洞の大きさに比べて若干ではあるが広がっている。こ れは、熱伝導が小さい空洞箇所が鉄筋直上に位置してお り、鉄筋に与えられた熱が同心円状に広がることから、 空洞にて遮断される熱伝導の影響が空洞部周辺にも及ぶ ためである。

以上より、本システムは空洞の検知について、鉄筋直 上にある空洞を確認できると共にその大きさをも把握す ることが可能であることがわかった。

鉄筋位置(mm)

図-6 コンクリート表面温度分布

5. まとめ

本研究では、鉄筋の加熱手法に電磁誘導加熱を適用し、 全面腐食鉄筋を有するコンクリート部材及び空洞を有する コンクリート部材に対して本システムの適用性を検討した。 本研究から得られた結果を以下にまとめる。

- (1)電磁誘導加熱を利用することによって非破壊・非接触 での鉄筋加熱が可能となり,通電加熱での実験結果1) と同様,全面腐食鉄筋は健全鉄筋に比べ鉄筋直上のコ ンクリート表面の最高温度が低く,温度低下割合が緩 やかであるという温度特性を示す結果となった。この ことから、電磁誘導加熱を用いた場合でも鉄筋腐食の 有無を検知することが可能であることがわかった。
- (2)空洞を配置した供試体においても空洞部のコンクリー ト表面温度は、健全な部分に比べて低くなることがわ かった。また,鉄筋直上に空洞があるならば30×30mm の大きさでも検知可能であり、比較的小さい空洞の検 知に対しても本システムは適用可能であることがわか った。

参考文献

- 1)茂木淳,長坂慎吾,谷口修,大下英吉:鉄筋強制加熱に よる熱画像処理に基づいたコンクリート内部の鉄筋腐 食性状非破壊検査手法に関する研究コンクリート工学 年次論文報告集, Vol.26, No.1, pp1989-1994, 2004
- 2) 日木悠祐, 茂木淳, 谷口修, 大下英吉: 鉄筋強制加熱に よる熱画像処理に基づいたコンクリート内部の空洞・ひ ひ割れ非破壊検査手法に関する研究コンクリート工学 年次論文報告集, Vol.26,No.1,pp1845-1850,2004
- 3)中村宏,柴田槇喜夫:実務に役立つ電気磁気, pp120, 株式会社オーム社, 1996