

論文 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局部腐食における非破壊検査手法に関する研究

中央大学 理工学部土木工学科 学生会員 ○堀江 宏明

中央大学大学院 理工学研究科土木工学専攻 白木 悠祐

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劣化診断技術の高精度化、高機能化を目指し、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）の構築に着手してきた。本システムの概要は、鉄筋コンクリート構造物中に配筋されている鉄筋の通電性および熱伝導性を利用し、鉄筋を通電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鉄筋の腐食性状、空洞および剥離の検知が可能なるものである。

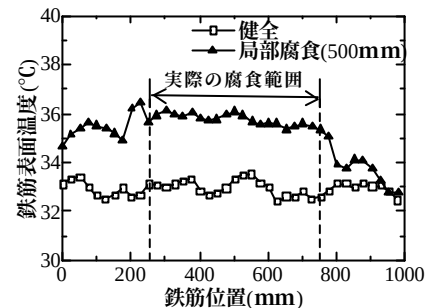
既往の研究¹⁾で、鉄筋が全面腐食している場合におけるコンクリート表面温度性状については本システムの適用性が確認されているが、鉄筋が局部的な箇所で腐食している場合におけるコンクリート表面の温度性状については未着手のままであった。一般に、実構造物においては鉄筋全断面が腐食していたり、全長或いは局部的に腐食していたり、その腐食性状は複雑多岐に渡る。したがって、本システムが実構造物レベルに対して適用可能とするためには、上述した各種腐食性状に対する事前検討が不可欠である。このことはすなわち、本システムのさらなる実構造物レベルに対する適用性に結びつくわけである。

本研究では、鉄筋が局部的に腐食したコンクリート部材に対する本システムの適用性評価ならびにその際のコンクリート表面温度性状評価を目的として、同一鉄筋上に健全部および腐食部が存在する鉄筋を電食法により作成した供試体に本システムを適用した。本システムの適用に際しては、まず大気中での局部腐食鉄筋の温度性状を調べ、つぎに局部腐食鉄筋を有するコンクリート部材での鉄筋局部腐食領域が及ぼすコンクリート表面の温度性状を実験により検討した。そして、これらの検討結果を基に、本システムのさらなる実構造物レベルへの適用性について議論を行った。

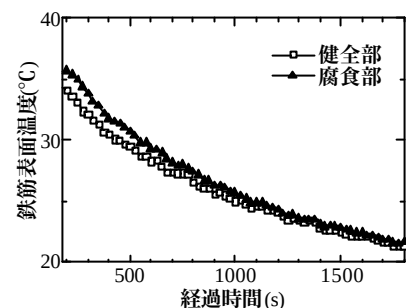
2. 局部腐食状態における鉄筋の温度性状

既往の研究¹⁾により、腐食領域の抵抗値が大きいことおよび腐食領域が空気と同等の熱的性質を持つことから、腐食鉄筋は健全鉄筋に比べ最高温度が高く、最高温度からの低下割合が急であると報告されている。

本章では、局部腐食を有する鉄筋単体の表面温度性状を把握するために、鉄筋を通電加熱し、同一鉄筋上における



図－1 加熱直後の鉄筋表面温度分布



図－2 鉄筋表面の経時温度変化

健全部と腐食部の温度性状の差異を実験により明確にした。

2.1 実験方法

本実験には、長さ 1300mm の D16 異形鉄筋を 2 本（健全鉄筋および鉄筋中心が 500mm 腐食している局部腐食鉄筋）使用した。

低周波型交流電流を用いて 150A を 180 秒間通電加熱し、強制加熱終了後から 5 秒間隔で 60 分間測定した。鉄筋から赤外線センサまでの距離は 250mm とし、鉄筋表面温度を評価する際、鉄筋表面色に依存する放射率を無視し、放射率を一定 ($\epsilon = 1.00$) とした。

2.2 大気中における局部腐食鉄筋の温度特性

図－1 は、局部腐食長さ 500mm を有する鉄筋および健全鉄筋の通電加熱終了直後の鉄筋表面温度分布である。図－1 より、腐食部中心と健全部において比較すると、局部腐食鉄筋では同一鉄筋であるにも拘わらず 1.8°C の温度差があり、腐食部の方が健全部より温度が高いことがわかる。また、実際の腐食長さは 500mm であるが、高温領域の範囲は 500mm より広がっている。これは、500mm の腐食部から健全部へと熱が伝達したからである。

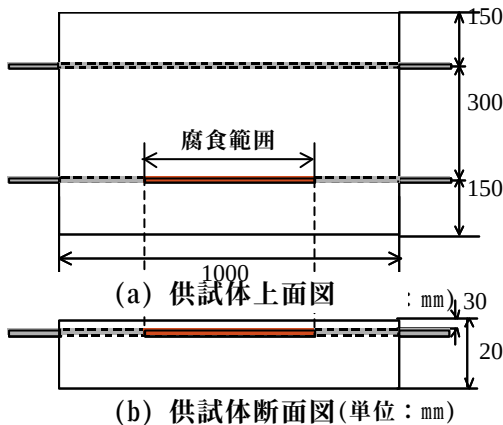
次に、図－2 は、腐食部中心と健全部の経時温度変化である。腐食部は健全部と比較すると、最高温度が高く、最高温度からの温度低下割合が急な傾向を示していることが

キーワード：非破壊検査、鉄筋強制加熱、局部腐食

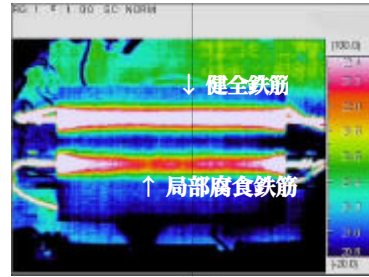
住所：東京都文京区春日 1－13－27、電話：03-3817-1892、FAX：03-3817-1803

表－1 コンクリートの配合表

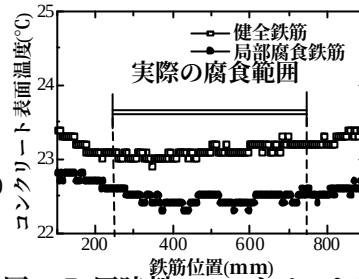
W/C(%)	最大骨材寸法	スランプ(cm)	細骨材率(%)
60	20	10	43
単位量 kg/m ³			
水	セメント	細骨材	粗骨材
154	256	866	1013



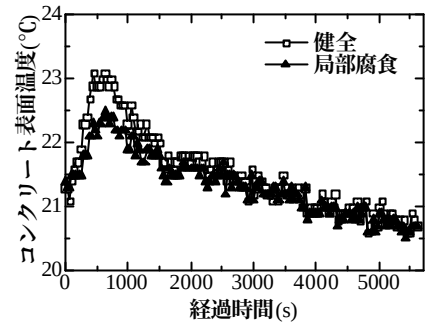
図－3 局部腐食鉄筋を配置した供試体



図－4 加熱終了より720秒後の熱画像



図－5 同時刻のコンクリート表面温度分布



図－6 コンクリート表面の経時温度変化

わかる。

以上より、既往の研究¹⁾で報告されている全面腐食および局部腐食に限らず腐食部は抵抗値が大きく、腐食領域は、空気と同様な熱的特性を示すことから、同一の鉄筋上であっても局部腐食鉄筋の腐食部は健全部と比較すると最高温度が高く、その最高温度からの温度低下割合は急な傾向を示すことが確認された。

3. 局部腐食状態の鉄筋を有するコンクリート部材の表面温度性状

3.1 実験概要

本実験に用いたコンクリート部材供試体は、図－3に示すように、1000×600×200mmの供試体であり、前章に使用した健全および局部腐食を有する鉄筋の2種類をかぶり厚さ3cm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。

低周波型交流電流を2本の鉄筋両端に接続し、一定電流300Aを3分間通電した。コンクリート表面温度の測定は、測定直後から5秒間隔で60分間測定した。なお、供試体から赤外線センサまでの距離は2000mmとした。

3.2 コンクリート表面の温度性状

図－4は、通電加熱終了より720秒経過した時点での供試体表面の熱画像である。熱画像において、上側の鉄筋が健全鉄筋、下側が局部腐食鉄筋である。同図から、局部腐食鉄筋においては、同一鉄筋であるにも拘わらず腐食部直上のコンクリート表面温度は、健全部に比較すると低い温度および高温の帯域幅が狭くなっている。

図－5に同時刻における鉄筋直上のコンクリート表面温度分布図を示す。腐食部直上と健全部直上では0.4℃の差があるが、同図では明瞭には分からないため後述の図－6で示す。また、同図より、腐食範囲と考えられる低温度領域は実際の腐食長さ500mmより狭い結果となっていることがわかる。これは鉄筋に与えられた熱が同心円状に広が

っていく過程で、局部腐食鉄筋の健全部からの熱が局部腐食直上のコンクリート表面へ伝導したためである。

次に、図－6に健全鉄筋および局部腐食鉄筋の腐食部直上のコンクリート表面経時温度変化を示す。温度履歴性状は、既往の研究¹⁾と同様に、腐食部のコンクリート表面温度は健全部に比較すると最高温度が低く、最高温度からの温度低下割合が緩やかである。

以上の実験結果より、本手法を利用して局部腐食鉄筋を有するコンクリート部材を評価することは可能であることが示されたわけである。

4. まとめ

本研究では、鉄筋が局部的に腐食している場合において、大気中における鉄筋単体の温度性状を調べ、つぎに局部腐食鉄筋を有する大規模コンクリート部材に本システムを適用することで、実構造物レベルへの適用性を議論した。

本研究から得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 同一の鉄筋上に健全部と腐食部が存在する状態であっても、健全部および腐食部は、既往の研究¹⁾での報告と同様の温度特性を示すことがわかった。
- (2) 局部腐食鉄筋においても、既往の研究¹⁾にて報告した温度特性を示すことから、局部腐食鉄筋が内在するコンクリート部材においても本手法は適用可能である。

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