

アンカーボルトの定着性状評価に関する非破壊検査手法の基礎的研究

中央大学 学生会員 ○東田 梨穂
中央大学 正会員 大下 英吉

1. はじめに

トンネルの覆工や高架橋などにおけるコンクリート片の剥落は、第三者被害をもたらす社会的な問題である。その代表事例が、平成24年に山梨県の中央自動車道笹子トンネルにおける天井版の崩落事故である。事故の原因は、天井板の吊り金具を固定するアンカーボルトの腐食や、固着剤の劣化による脱落である。アンカーボルトの定着性状評価の方法は、目視検査やハンマーを使用した打音検査が基本である。しかし、目視検査では外面のみしか確認できず、打音検査では検査員の経験による検査となり、定量的な評価が行えない。そこで、本研究では、既往の研究であるRC構造物の劣化性状システム¹⁾の原理をアンカーボルトの付着劣化に起因する剥離空洞に適用することでアンカーボルトの付着性状を評価可能とするシステムの構築を行う。

2. システム概要

(1) 本システムのメカニズム

具体的な手法を図-1に示す。電磁誘導コイルを高周波インバータに接続し、高周波電流をコイルに付加することで交番磁界を発生させる。交番磁界内に磁性体が存在すると、磁性体には渦電流が生じることで発熱する。その際、図-2に示すように、アンカーボルトからコンクリート表面に向かう熱拡散経路中に付着劣化に起因する剥離空洞が存在する場合、コンクリート表面温度に変化が生じる。アンカーボルトの定着劣化領域は、コンクリートに比べて、比熱が大きく熱伝導率が小さいという断熱材の特性を有しているため、鉄筋からの熱拡散は抑制され、鉄筋の熱保存量は多くなる。加熱終了後、アンカーボルトからコンクリート表面へと拡散する熱を赤外線サーモグラフィによって計測し、アンカーボルト或いはコンクリート表面の表面温度性状から定着性状を検知する。

3. 本システムの適用性評価

図-3に実験結果を示す。図は加熱終了後のコンクリート表面の温度分布である。1辺200mmのコンクリートの立方体の表面中心位置にアンカーボルトを模擬した長さ110mmの鉄筋を100mmの

埋込長で埋設した。鉄筋の付着劣化は埋設部にテープを巻き付けることで模擬した。テープの巻き付け数は、劣化程度を表している。電磁誘導加熱はコイルを試験体の直上に設置し、加熱パラメータは0.8kW-60秒加熱とした。

実験結果より、鉄筋中心が最高温度となった。最高温度を比較すると、テープが無い試験体よりもテープの巻き数が多い試験体の鉄筋中心の温度が高くなることがわかる。したがって、本システムにおいてアンカーボルトの定着性状の評価が可能であることがわかった。

しかしながら、電磁誘導加熱による加熱効果は、コイルから磁性体であるアンカーボルトまでの距離に大きく依存するため、コイルとの距離が近いアンカーボルト露出部の温度が高くなる問題があった。アンカーボルト露出部が埋設部に比べて温度が高くなるとコンクリートへの熱拡散に対して露出部からの熱拡散が支配的となる。そのため、埋設部からの熱拡散を正確に評価することが困難である。

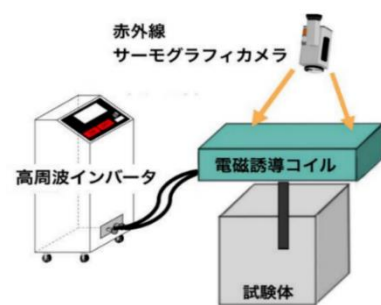


図-1 システム概要

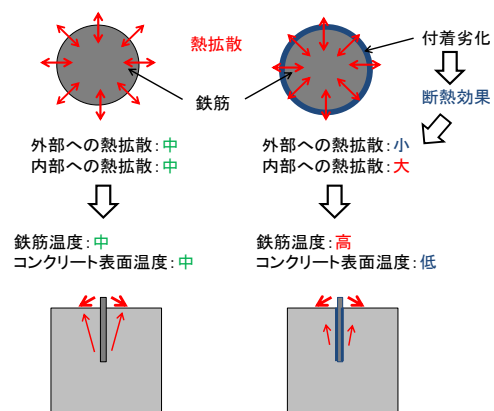
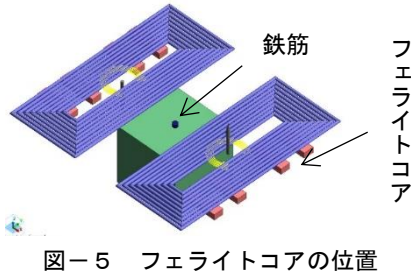
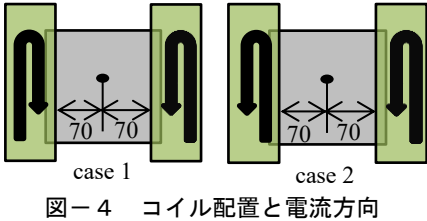
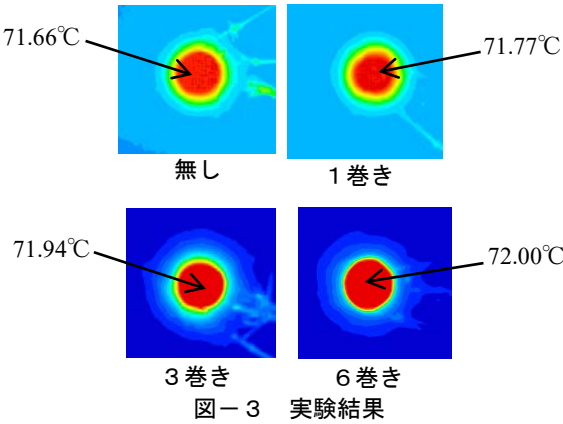


図-2 付着劣化によるコンクリート表面温度性状

キーワード アンカーボルト、電磁誘導、非破壊検査、赤外線サーモグラフィ

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL : 03-3817-1715 E-mail : a18.my6j@g.chuo-u.ac.jp



4 電磁誘導解析に基づく最適システムの構築

(1) コイル形状・位置・コアの位置の検討

電磁誘導加熱においてコンクリート中の鉄筋を加熱するのに最適な形状は、既往の研究¹⁾から図-4に示す矩形形状が有効であると考えられる。

また、電磁誘導加熱では鉄筋直上にコイルを設置することが基本的であるが、このような位置関係ではコイルとの距離が近い鉄筋露出部が、埋設部に比べて温度が高くなる。そこで、同図に示すようにコイルを2つ設置し、電流方向を逆向きにして解析結果を比較した。

次にフェライトコアの位置を検討する。一般に、電磁誘導コイルはフェライトコアを設置することが多い。フェライトコアの役割は、コイルから出る磁束を集中させ、コアの下にある加熱物の温度を上げる働きがある。したがって、フェライトコアと鉄筋の距離が近いと、鉄筋露出部がフェライトコアの影響により高温となる。そこで、本研究ではフェライトコアの位置を図-5に示すものとした。解析で使用したコンクリートと鉄筋の熱的物性値と初期温度、メッシュサイズを表-1に示す。

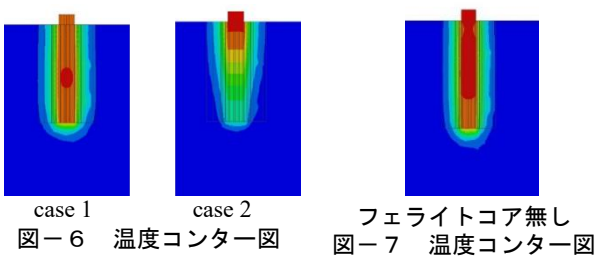


表-1 解析条件

	比熱 [J/kg・°C]	熱伝導率 [W/m・°C]	初期温度 [°C]	メッシュサイズ [mm]
コンクリート	1050	1.6	20	5~50
鉄筋	450	80	20	5

また、コンクリートのメッシュサイズは鉄筋中心から半径15mmまでの領域を5mm、30mmまでの領域を15mm、30mm以降は50mmとした。コイルに付加する電流値は440A、周波数は 29×10^3 Hz、外気温は20°Cとした。加熱時間は300秒である。

解析で得られた加熱終了時の鉄筋断面のコンター図を図-6に示す。case2では鉄筋上面から埋設部にかけての温度差が顕著であるのに対し、case1では鉄筋全体が加熱されていることがわかる。

なお、フェライトコアを設置していない状態における温度コンター図は図-7に示す通りであり、鉄筋露出部が図-6のcase2と同様に高温となり、case1の有用性が確認できる。

5. 結論

本研究はコンクリート内部のアンカーボルトを非破壊・非接触で強制的に電磁誘導加熱し、鉄筋上面の温度性状からアンカーボルトの定着性状を評価する最適システムの構築を行ったものである。

- 1) 本手法は、アンカーボルトの定着性状を評価可能であることが確認できた。
- 2) 非破壊・非接触によりアンカーボルト露出部の加熱を抑えつつ埋設部を加熱する一手段は、電磁誘導コイルコイルを2つ設置し電流方向を逆にするのである。
- 3) フェライトコアの配置によりアンカーボルト露出部の加熱を抑制させ、鉄筋埋設部の加熱温度を上昇させることが可能である。

参考文献

1) 谷口修, 重松文治, 堀江宏明, 大下英吉: 電磁誘導加熱を利用したコンクリート表面の温度性状に基づく RC 構造物の空洞検出システムの開発に関する研究, 土木学会論文集 E, Vol.64, No.1, pp.173-185, 2008.2