

## 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での天井板の崩落事故である。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が、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、著者等によるRC構造物の劣化性状システム<sup>1)</sup>の原理をアンカーボルト、コンクリートならびに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（以下、本システムと称す）の構築を行うこととする。

## 2. システムの概要と適用性

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負荷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発生し発熱する。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上表面へ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、コンクリート埋設部におけるアンカーボルトとコンクリート上表面の温度勾配によってコンクリート上表面温度に変状が生じる。アンカーボルトの定着劣化領域は、断熱材的特性を有しているため、アンカーボルトからの熱拡散は抑制され、アンカーボルト内部に蓄積される熱量は多くなる。加熱終了後、鉄筋からコンクリート上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することで得られたコンクリート上表面温度性状から定着性状を検知する。

本システムの適用性を評価するために図-1に示すコンクリート内部のアンカーボルトに対する電磁誘導加熱実験を実施した。図-3に示す一辺200mmの試験体の表面中心位置に長さ110mmの

鉄筋を100mmの埋込長で埋設することでアンカーボルトを模擬した。コイルは鉄筋直上に設置した。電磁誘導加熱による加熱パラメーターは0.8kW・60秒加熱とした。鉄筋とコンクリートの付着劣化に関しては、鉄筋の周りに粘着テープを巻き付けることにより実施した。位置は同図に示す、3個のcaseとした。

図-4に実験結果を示す。図は加熱終了後の試験体上面の温度分布である。実験結果より、アンカーボルト露出部中心が最高温度となった。最高温度を比較すると、劣化の有無と劣化の位置で差異があることから、本システムではアンカーボルト

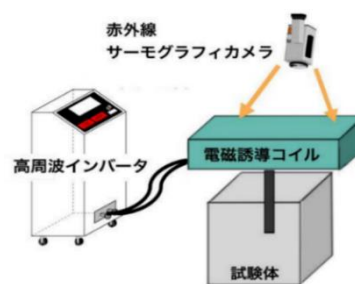


図-1 システム概要

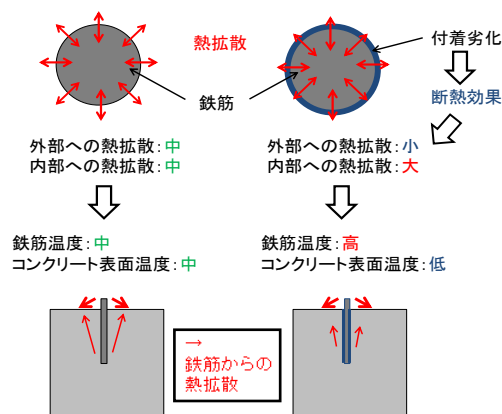


図-2 付着劣化によるコンクリート表面温度性状

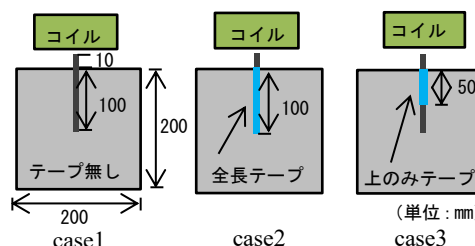


図-3 試験体概要

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 コンクリート研究室 E-mail : a18.my6j@g.chuo-u.ac.jp

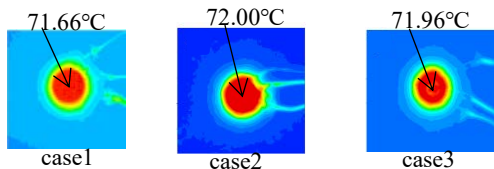


図-4 実験結果

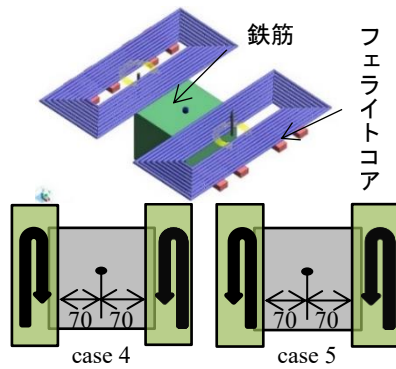


図-5 コイル配置と電流方向

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、埋没部に比べて温度が高くなるとコンクリート上表面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。そのため埋没部からの熱拡散を正確に評価することが困難である。本実験ではコイルを鉄筋直上に設置しているため鉄筋露出部への加熱が顕著である。

以上のことからアンカーボルト露出部の加熱を抑制しつつ、アンカーボルト埋没領域を加熱することのできるコイル形状、コイルの配置、フェライトコアの数と位置を解析的に検討する必要がある。

### 3 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<sup>1)</sup>から図-5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、本システムでは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た case4, 5 に対する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。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。そのためフェライトコアと鉄筋の距離が近

表-1 解析設定

	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

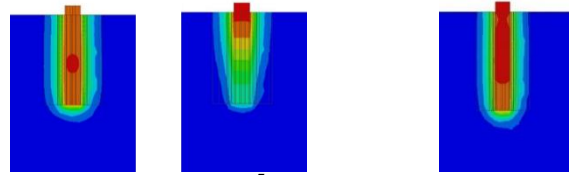
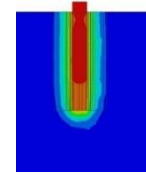


図-6 温度コンター図

フェライトコア無し  
図-7 温度コンター図

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。したがって本システム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物性値と初期温度、メッシュサイズを表-1に示す。コイルに負荷する電流値は440A、周波数は $29 \times 10^3$  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。case5では鉄筋上面から埋没部にかけての温度差が顕著であるのに対し、case4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case5と同様に高温となっており、case4の有用性が確認できる。

### 4. 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、アンカーボルト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解析的に行ったものである。本研究で得られた知見を示す。

- 1) 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没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ことである。
- 2) 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、鉄筋埋没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