

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実用化に向けた研究

中央大学 学生会員 ○市川 妃奈子
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

コンクリート構造物におけるコンクリート片の剥落は、第三者被害をももたらす社会的問題である。その代表的事例である、平成24年の山梨県中央自動車道笹子トンネルにおける天井板の崩落事故では、事故の原因は天井板を固定するアンカーボルトの腐食や固着剤内部の亀裂などによるボルトの脱落であると報告されている。

現在のアンカーボルトの定着性状の検査方法は主に打音検査や目視検査であるが、いずれも検査員の技量に依存する方法であり定量的な評価が行われ難い。それに対し、既往の研究¹⁾では、RC構造物の劣化性状評価システムの原理を適用することでコンクリートに埋設されたアンカーボルトの定着性状を評価する手法が提案された。

本研究ではアンカーボルトの定着性状評価手法の実用化に向けた検査システムの改良を行う。

2. 既往の劣化診断システム

本章ではアンカーボルトの定着性状診断システムの概要、現状の問題点について論じる。

(1) システムの概要

アンカーボルトの定着性状評価システムの概要は図-1に示すように、互いに逆向きの交流電流を負荷するコイルを2つアンカーボルト上部に設置し、ボルト内部に誘導電流である渦電流を発生させる。電磁誘導加熱による加熱効率はコイルと対象物の距離に依存するため、アンカーボルトの露出部では高温となり、埋没部は低温になるといった加熱むらが生じる。埋没部に比べて露出部の温度が高くなると、埋没部の温度性状を評価することが困難となる。互いに逆向きの電流を負荷することで過度に加熱される露出部位置で磁場が打ち消し合い、加熱むらが低減される。ボルトに渦電流が流れ電気抵抗が生じることにより、ジュール熱が発生しボルトは強制加熱される。加熱終了後、赤外線サーモグラフィを用いてアンカーボルト上面の温度性状を計測する。ボルト周囲に付着劣化或いは亀裂が存在する状態では図-2に示すように、付着劣化がボルトの熱拡散を抑制し、ボ

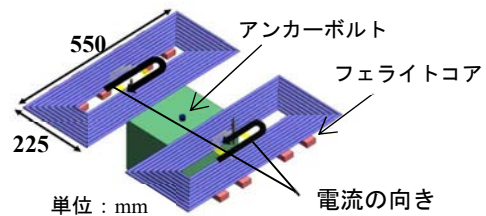


図-1 既往の劣化診断システム

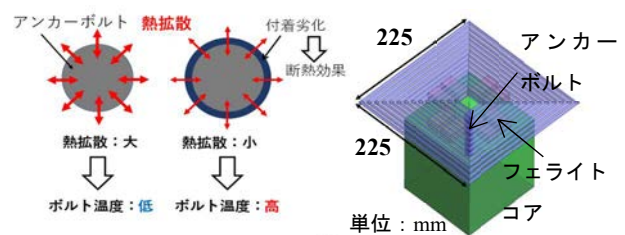


図-2 付着劣化による熱拡散性状

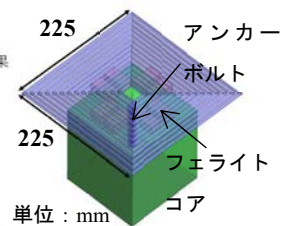


図-3 本研究で検討するモデル

ルトの熱保有量が多くなる。このような特性を利用し、加熱終了後の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。

(2) システムの問題点

加熱むらを解消するためには2つのコイルをすることが得策であるが、実環境においては狭小な場所も多く、現システムの運用は現実的ではない。すなわち、アンカーボルトを均一に加熱する手法および狭小領域にも適用可能なシステムへの拡張が要求されることになる。

3. 電磁誘導解析を用いた最適システムの検討

本章では前章で要求される条件を満足するシステムの開発を、解析的に検討することとする。

3.1 システム条件

本研究では、接着系アンカーを模擬し、電磁誘導解析を行った。接着系アンカーの固着剤はエポキシ樹脂が主に用いられているため、アンカーボルト定着領域に厚さ2mmのエポキシ樹脂層を設置した。前章で挙げられた問題点を加味し、電磁誘導加熱装置は図-3に示す正方形の平板コイル1つを用いて考えることとする。コイル形状は225mm×225mmで、銅パイプの巻き数は14巻きである。さらに、加熱促進効果を有するフェライ

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 : a19.j438@g.chuo-u.ac.jp

表-1 解析パラメータ

	密度 [kg/m ³]	比熱 [J/kg/K]	熱伝導率 [W/m/K]
コンクリート	2300	1050	1.6
空気	1.2	1010	0.03
アンカーボルト	7850	470	51.3
エポキシ樹脂	1800	795	0.209

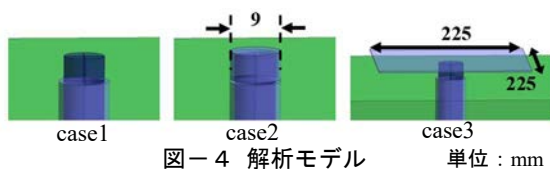


図-4 解析モデル 単位: mm

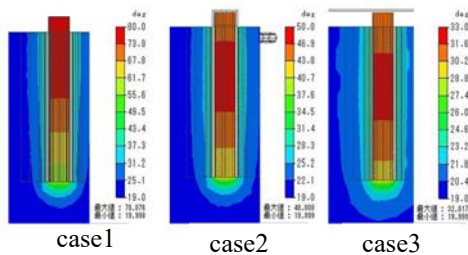


図-5 加熱 300 秒時のコンター図

トコアを図-4に示すようにコイルの下部に8つ設置することとした。

3.2 磁束密度の抑制方法

加熱むらの抑制には、磁場の発生を制御可能である銅板を用いる。銅製材料は比透磁率が低いため、電磁誘導においては微弱に磁化され、通過した磁場を弱める効果がある。したがって、本研究では露出部を銅製材料で覆うことにより、その領域の加熱を抑制することとする。

3.3 電磁誘導解析

(1) 解析概要

解析に用いた各材料の物性値は、表-1に示す通りである。コイルの電流値は140A、周波数は10kHz、外気温は20°Cとした。加熱時間は300秒である。解析モデルは、図-4に示すように銅板を設置していないもの(case1)、鉄筋の露出部に銅板を被せたもの(case2)、鉄筋の直上に100mm×100mm×1mmの銅板を設置したもの(case3)の3ケースとした。

(2) 解析結果

解析により得られた300秒加熱時の鉄筋断面のコンター図を図-5に示す。case1では、露出部が最も温度が高く埋没部にかけて温度が低下している。case2、case3では最高温度に達している位置が埋没部であり、case1に比べ均一に加熱されていることがわかる。これより、加熱むらの低減に銅

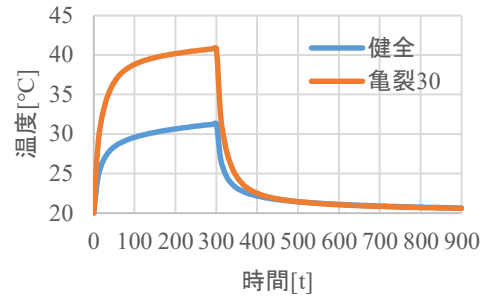


図-6 case3の各劣化パターンでの温度変化

板の設置は有効であることが確認できる。さらに、図-5よりcase2とcase3を比べるとcase3はcase2より加熱むらが抑制されており、温度上昇量は小さい。大きい銅板を設置するほど加熱むらは低減し、同時に加熱も抑制されることがわかる。

4. 電磁誘導解析に基づく劣化診断の検証

case3の劣化診断システムにより健全状態と亀裂が存在する状態に対する解析的評価を実施し、拡張したシステムの有用性を評価する。解析モデルでは、亀裂が離散的に存在していることを考慮した、等価熱伝導率を樹脂に設定することで劣化状態を表現した。図-6は亀裂の有無によるそれぞれの露出部の温度履歴を示している。亀裂を30%有するケースは、加熱300秒時点で健全なケースと比べ約10°C高く温度上昇している。健全な状態ではコンクリートへと熱拡散が行われることに対し、亀裂が存在する状態ではアンカーボルトからコンクリートへの熱拡散が抑制され、ボルト露出部の温度が健全な状態に比べて高くなる。

5. 結論

以下に本研究で得られた結果を示す。

- 1) 電磁誘導加熱において、銅板をコイルとアンカーボルトの間に設置することにより加熱むらの発生を低減させることが可能となる。
- 2) 銅板が被加熱物を覆う面積が大きいほど加熱むらを低減させることができるが、それに伴い温度上昇量も減少する。
- 3) 本システムにおいて100mm×100mm×1mmの銅板を設置することで、加熱むらの発生なく十分に加熱することが可能となる。

参考文献

- 1) 東田梨穂, 大下英吉: アンカーボルトを模擬した鉄筋の定着性状評価に関する非破壊検査手法の基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.44, No.1, pp.1270-1275, 2022