

電磁誘導法を用いた RC 構造物の鉄筋防食手法に関する基礎的研究

中央大学 学生会員 ○倪 稚茗 中央大学 正会員 大下 英吉

1. はじめに

現在、RC 構造物における鉄筋の電気防食法には外部電源法¹⁾(図-1(a))と流電陽極法²⁾(図 1-(b))がある。それらの手法では、鉄筋を外部電源或いは鉄よりイオン化傾向が大きい金属と電氣的に接続し、外部直流電流を強制的に付加することで、鉄筋からコンクリート内部の細孔溶液中への鉄イオンの放出を抑制するためのものであった。しかしながら、外部電源法は電源の設置が困難な高所や海岸港湾付近への適用は困難であること、流電陽極法は電気防食を行う際に使用する陽極材の寿命が比較的短く取替え係るコストが大きいなどの欠点がある。また、いずれの手法においても、コンクリートをはつり出さなければならないという大きな欠点もある。

以上のことから、既往の手法の問題点を解消すべく、また非破壊非接触かつ低コストで作業が簡易で高機能な新たな電気防食法の開発が急務である。

そこで本研究では、電気防食法の原理に立脚した新たな防食手法の開発を行なうものである。具体的には、腐食を誘発する局部電池の形成を防止する或いはそれが形成されたとしても瞬時に消滅させることのできる電磁誘導法の原理に基づくものである。

2. 電磁誘導法のメカニズム

電磁誘導防食法を一本の鉄筋に適用した際の概要を図-2 に示す。本手法では、交流電源に接続したコイルを鉄筋表面に配置し、交流電流を負荷する。これにより、コイル周辺には磁束線が発生し、その磁束線を打ち消す方向の磁束線を生じさせる電流(渦電流)が鉄筋に発生する。交流電流の周波数が高くなるほど、渦電流の方向が変化する速度が速くなる。この渦電流が防食電流としての役割を果たし、鉄筋表面の局部電池を抑制することとなる。

鉄筋が腐食していない状態では、鉄筋表面に局部電池が形成されてないため、電位差は存在しない。このような状態で電磁誘導により生じた渦電流(交流電流)が鉄筋表面を流れることで、図-2(a)に示すように鉄筋表面の電位を強制的にプラス方向とマイナス方向に移動させる。一方、鉄筋が腐食している状態では、鉄筋表面に局部電池が形成

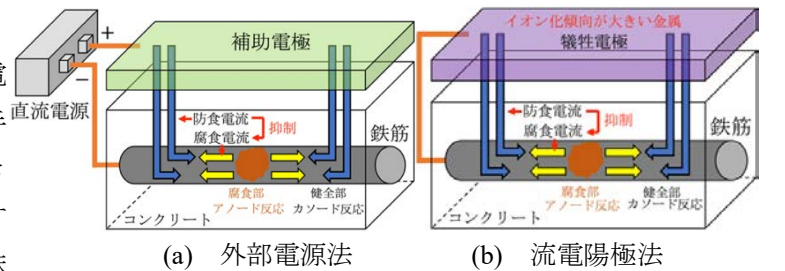


図-1 電気防食法

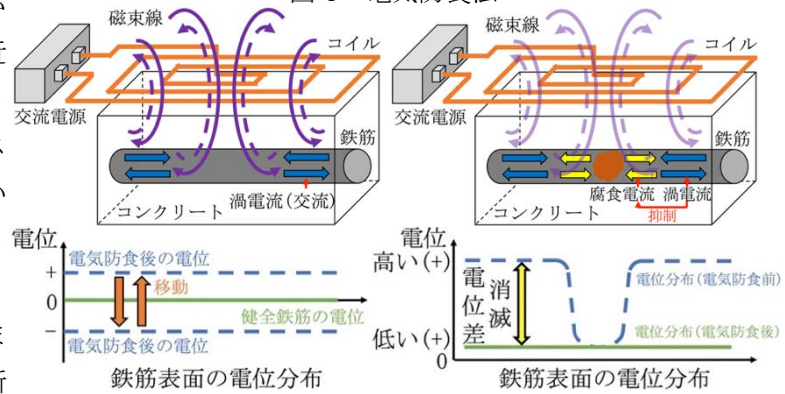


図-2 電磁誘導法による防食原理

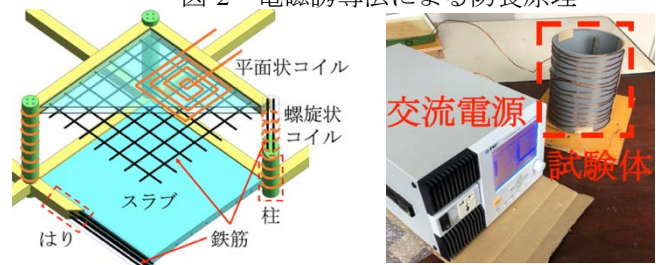


図-3 コイルの種類

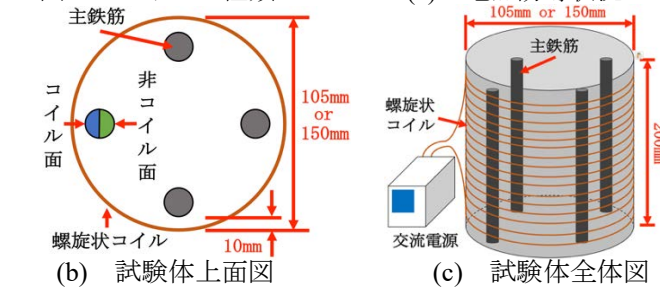


図-4 試験体概要

されるが、同図(b)に示すように健全部の電位が腐食部と同じ程度まで下がり電位差が消滅し、形成した局部電池を破壊する。すなわち、電磁誘導法による防食手法は電磁防食法と同じメカニズムであるが、本手法の大きな特徴は電磁誘導方式を用いることで、コンクリートをはつり鉄筋を露出すること無く、非破壊かつ非接触で防食が実施可能であるということである。

キーワード RC 構造物, 鉄筋腐食, 電気防食, 電磁誘導, 渦電流

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 コンクリート研究室 TEL03-3817-1892

本手法をRC構造物に適用する際、構造形式によってコイル形状が異なる。すなわち、図-3に示すようにスラブや壁部材では平面状コイル、柱部材では螺旋状コイルである。本研究では、柱部材に適用する螺旋状コイルを用いて、複数鉄筋を有する試験体を対象とした。本手法の防食効果を定量的に評価する。

3. 実験概要

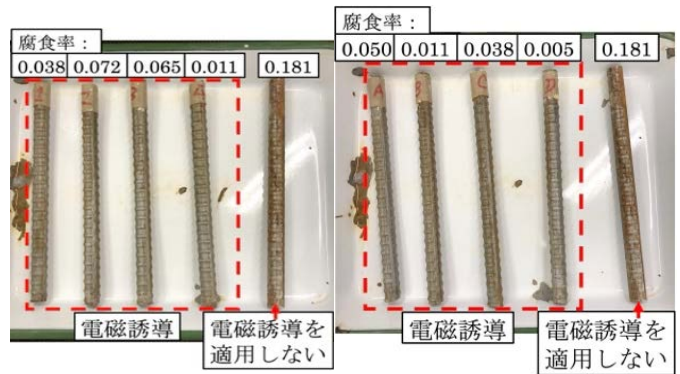
試験体は図-4に示すように、2mmの径を有する銅線を10mm間隔で20回巻き付け、 $\Phi 105\text{mm} \times 200\text{mm}$ と $\Phi 150\text{mm} \times 200\text{mm}$ の二種類の電磁誘導コイルを作成する。長さ200mmのD16(SD295)鉄筋4本を円周的に90°間隔でコイル内に配置し、コイルと鉄筋の距離(かぶり)を10mmに設定した。図-4(b)に示すコイルに近い鉄筋面をコイル面、コイルから遠い鉄筋面を非コイル面と定義した。電磁誘導パラメータは電流値と周波数であり、それぞれ10.5A、500Hzとする。鉄筋の前処理は濃度10%のクエン酸二アンモニウム溶液に浸漬することにより不動態皮膜を除去した。また、温度20°C、湿度60%に制御された恒温恒湿室で14日間実験を実施し、2日毎に濃度5%の食塩水を鉄筋に噴霧することで腐食を促進させた。なお、電磁誘導による防食効果の比較を行うため、電磁誘導を適用しない試験体は同様に前処理と腐食促進方法を行って、恒温恒湿室に暴露させた。

(1) 腐食率の計測方法

腐食率の測定は、実験開始前に不動態皮膜を除去した鉄筋の質量を測定し、実験終了後、腐食鉄筋を濃度10%クエン酸二アンモニウム溶液に24時間浸漬させることで腐食生成物を除去した鉄筋の質量を測定する。そして、鉄筋質量減少量を求め、実験前の鉄筋の質量で除したものを腐食率と定義した。また、電磁誘導を実施する試験体と自然暴露試験体の腐食率の減少量、後者で除したものを腐食低減率と定義した。

(2) 実験結果および検討

実験終了後、電磁誘導の有無によって鉄筋の腐食状況の差異と各鉄筋の腐食率を図-5に示す。いずれの試験体においても電磁誘導を適用しない鉄筋に比べて、電磁誘導を行った試験体では腐食物の生成量が少なくなることがわかる。電磁誘導の原理を利用した本手法では防食が可能と考える。また、鉄筋のコイル面と非コイル面において生じた腐食物の生成量が異なり、図-6に示す。直径150mm試験体を例として、コイル面には腐食物の生成量が少ない、非コイル面にはまだらに錆が確認できる。このことより、コイル面は



(a) 直径105mm試験体 (b) 直径150mm試験体

図-5 実験後鉄筋状況

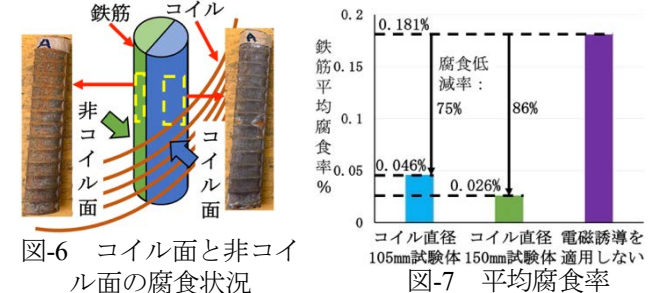


図-6 コイル面と非コイル面の腐食状況

図-7 平均腐食率

非コイル面より防食性能が高いことが確認できた。それは、非コイル面で誘起された渦電流の大きさはコイル面より低いということに起因する。また、各鉄筋の腐食率はバラツキがあることが確認できた。これは、鉄筋表面における噴霧した塩水の塩分濃度の差によるものと考えられる。

各試験体における鉄筋の平均腐食率を図-7に示す。電磁誘導を行った鉄筋の平均腐食率は0.046%、0.026%となり、行っていない鉄筋の腐食率は0.181%となる。腐食低減率を比較すると、コイル直径105mmと150mm試験体の腐食低減率がそれぞれ75%、86%となる。したがって、コイルの直径が大きくなるほど、防食効果が大きくなる傾向がある。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) いずれの試験体においても電磁誘導を適用しない鉄筋に比べて、電磁誘導を行った試験体では腐食物の生成量が少なくなることが確認できたため、電磁誘導の原理を利用した本手法は防食が可能と考える。
- (2) 鉄筋のコイル面は腐食物の生成量が少ない、非コイル面はまだらに錆が確認できたため、コイル面は非コイル面より防食性能が高いことが確認できた。
- (3) コイル直径105mmと150mm試験体の平均腐食率それぞれ0.046%、0.026%であり、自然暴露鉄筋の腐食率と比較して、腐食率はそれぞれ75%、86%を低減した。

参考文献

- 1) 鎌原 正夫：外部電源方式電気防食の理論と実際，日本造船学会誌，Vol.476，pp.86-91，1969
- 2) 重野 隼太：流電陽極による電気防食法，金属表面技術，Vol.8，No.1，pp.25-30，1957