

鋼材表面近傍における腐食生成物の磁気特性に関する基礎評価

大阪大学工学部 田口 暁久
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 〇服部 晋一
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 鎌田 敏郎

大阪大学大学院工学研究科 学生員 梅谷 昊大
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 寺澤 広基

1. はじめに

コンクリート構造物の維持管理では、点検においてコンクリート内部の鋼材の腐食状況を適確に評価することが非常に重要である。しかしながら非破壊で腐食状況を適確に評価する手法は未だ確立されていないのが現状であり、他の有効な手法の開発が望まれている。そこで本研究では、非破壊で鋼材の腐食を評価する新しい手法として、コンクリート表面近傍における電磁場応答からコンクリート中鋼材表面近傍の磁気分布を推定することで、鋼材の腐食状況を評価する手法のための基礎的検討を行った。ここでは、腐食生成物の表面形状および断面形状と、鋼材表面近傍における磁気分布との関係の把握を目的とし、腐食生成物の作製、観察、磁気特性の評価を行った。

2. 腐食生成物の物理的性状の観察

2.1 腐食促進試験

腐食生成物の物理的性状を観察するにあたり、SPCC 鋼板(寸法 50mm×150mm×1mm)を、中性塩水噴霧サイクル試験により腐食させた。本実験では質量減少率が 0.2%, 1.1%, 1.5%, 3.0% となるように、4 段階の腐食パターンを設定し、各段階の鋼材を鋼材 A~D と定めた。

図-1 に中性塩水噴霧サイクル試験の概要を示す。なお、塩水噴霧(35℃)を 2 時間、乾燥(60℃, 湿度 25%)を 4 時間、湿潤(50℃, 湿度 98%)を 2 時間の計 8 時間を 1 サイクルとした。

2.2 表面形状および断面形状の観察

作製した腐食鋼材に対し、レーザー顕微鏡を用いた表面形状の観察を行った。また、走査型電子顕微鏡(SEM)を用いて腐食鋼材の断面を観察するとともに、腐食層の厚さを計測した。今回の実験のうち最も腐食促進時間が長い鋼材 D の、表面高さを色相で表した図と、断面 SEM 画像を図-2 に示す。

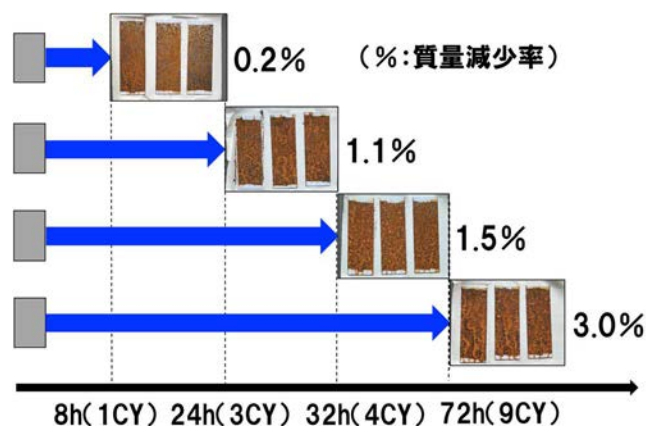
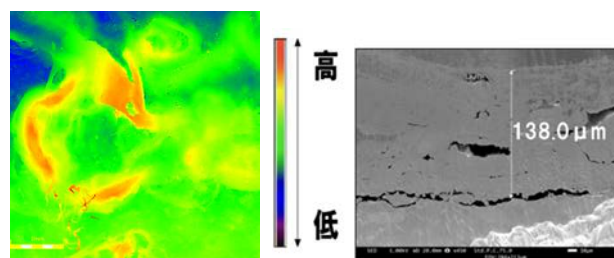


図-1 中性塩水噴霧サイクル試験



(a) 腐食部の高さ(色相表示) (b) 断面 SEM 画像

図-2 観察結果

3. 腐食生成物の磁気特性の評価

3.1 腐食生成物の磁気特性の測定

試料振動型磁力計(VSM)によって腐食生成物の磁気特性を測定し、腐食生成物の質量磁化の値を算出した。各鋼材の質量磁化の値の平均値を求めた結果、A: 11.7, B: 16.1, C: 17.6, D: 19.0(単位: $A \cdot m^2/kg$)となった。これより、鋼材の腐食の進行に伴い、腐食生成物の磁気特性に変化が生じることがわかった。なお、鉄の質量磁化の値は $220(A \cdot m^2/kg)$ である¹⁾ことから、その磁気特性は微弱なものであることを確認した。

3.2 鋼材表面近傍における磁気分布の測定

高感度磁気センサ(MI センサ)を用い、鋼材表面近傍での磁気分布を測定した。鋼材表面直上 1mm の高さ

キーワード 鉄筋腐食, 電磁場応答, 磁気分布, コンクリート構造物, 非破壊検査

連絡先 〒565-0871 吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科 TEL/FAX 06-6879-7618

に設置したセンサを、xy テーブル上で一定の速度で鋼材の長手方向に移動させながら測定を行った。鋼材左端より 15mm の位置から 35mm の位置まで 5mm ずつ、順に①～⑤の測定ラインを設け、各測定ラインにおいて、鋼材長手方向に鋼材の上端上方 10mm から下端下方 10mm までを測定範囲とした。測定対象は、A～D の鋼材と健全鋼材を各 1 枚ずつ、計 5 枚とした。

図-4 に各鋼材の③上における測定結果を、図-5 に鋼材 A と D の測定位置 40～140mm での測定結果を示す。以上の結果より、腐食が進行した鋼材表面では、磁束密度の変化が大きくなることがわかった。このことから、鋼材表面の腐食状況の変化を、センサを用いて磁束密度の変化として捉えることは可能であると考えられる。

さらに、鋼材 D の測定ライン③上で鋼材とセンサとの距離を 2, 3, 4, 5, 10mm と変化させて測定した結果を図-6 に示す。図より、鋼材とセンサとの距離が大きくなるにつれ磁気分布の変化は小さくなった。本実験条件では、MI センサで鋼材表面の磁気変化を検出できる範囲はおよそ 10mm 程度であることがわかった。

4. 考察

本実験の結果、腐食の進行に伴って表面形状や断面形状、腐食生成物の磁気特性および鋼材表面近傍における磁束密度がそれぞれ変化することを確認した。しかし、腐食生成物の磁気特性は鉄に比して微弱なものであることから、腐食に伴って磁気分布の変化が生じる主な原因は、腐食に伴って進展する鋼材素地の表面形状の変化の影響によるものであると考えられる。

5. 結論

- 1) 鋼材の腐食の進行に伴い、鋼材表面近傍における磁気分布の変化が大きくなることを確認した。
- 2) 本実験条件下では、MI センサによる電磁場応答の結果から鋼材表面の磁気変化を検出できる深さ方向の距離はおよそ 10mm 程度であることを確認した。

謝辞

本研究は文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業（課題番号 JJPMXP09S20OS0050）の支援を受けたものである。ここに記して謝意を表する。

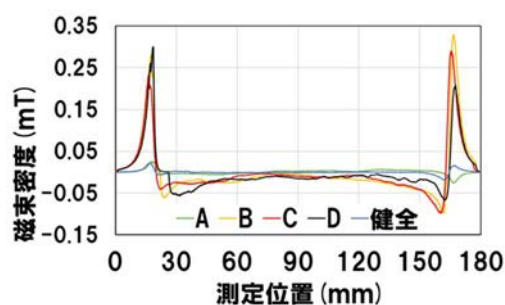
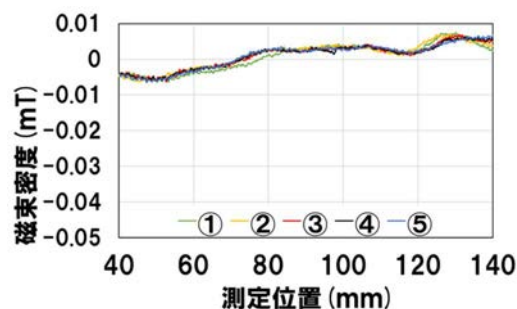
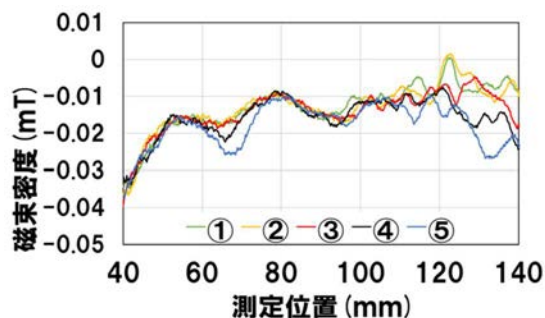


図-4 ③上における各鋼材の磁気分布



(a) 鋼材 A の磁気分布(40～140mm)



(b) 鋼材 D の磁気分布(40～140mm)

図-5 各鋼材の異なる測定ライン上での磁気分布

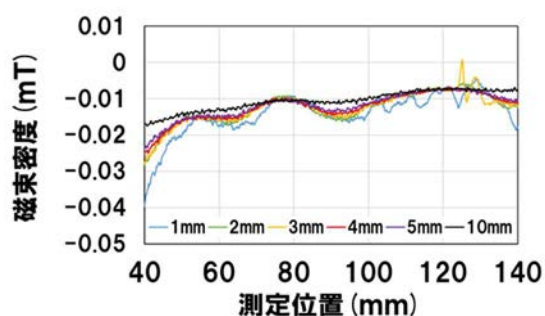


図-6 センサの高さの変化に伴う磁気分布の変化

参考文献

- 1) 小山理恵・矢島哲司・魚本健人・星野富夫：自然電位を用いた鉄筋腐食状態の推定手法に関する基礎的研究，土木学会論文集，No.550，V-33，p.13-22，1996。