

## 高周波帯域における電磁場応答を用いた鋼材腐食の検出に関する基礎検討

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 ○谷 春葉  
大阪大学大学院工学研究科 正会員 寺澤 広基

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 梅谷 晃大  
大阪大学大学院工学研究科 正会員 服部 晋一  
大阪大学大学院工学研究科 正会員 鎌田 敏郎

## 1. はじめに

コンクリート中の鋼材腐食は、コンクリート構造物の構造安全性や耐久性の低下を招き、その他の劣化現象の発生にもつながることから、腐食状況を適確に評価することが非常に重要である。非破壊で鋼材腐食を評価する方法として、自然電位法、分極抵抗法などの電気化学的手法が適用されているが、これらの手法は腐食電流の挙動に着目して腐食の可能性や進展速度を間接的に評価するものであり、腐食現象の結果として生じる腐食生成物の状況をダイレクトに把握するものではなく、また鋼材に電極を設置して計測を行うことから、微破壊での検査手法となっている。

これに対し本研究では、主に、腐食発生のごく初期段階における腐食生成物の生成状況を非破壊で評価するための新しい手法を検討することとした。ここでは、基礎実験として、部分的な腐食を有する鋼棒に高周波交流磁場を作用させ、腐食の有無により生じる電磁場応答の差について検討した。

## 2. 実験概要

## 1) 供試体概要

供試体の寸法は長さ 200mm、直径 16mm の材質 SS400D の丸鋼を用いた。腐食部は丸鋼の長手方向の中央に長さ 10mm に範囲に円周状に設定した。また、腐食状況は電食実験により、腐食部のみを水中に露出させ、その他の範囲は養生テープで保護することで生成した。電食は 2% の食塩水を用い、供試体・媒体を電源装置に接続して電流 3.5A を作用させた。電食後の供試体の写真を図-1 と図-2 に示す。そして、腐食操作の前後で計測した重量差から、平均腐食厚はおおよそ 0.30mm であるとわかった。

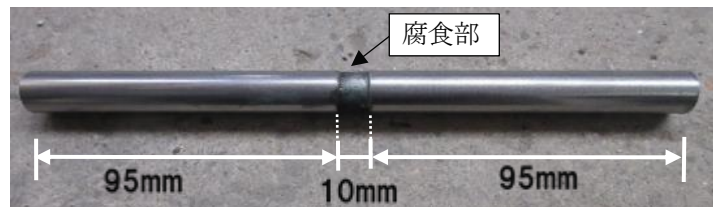


図-1 電食後の供試体の様子(全体図)



図-2 電食後の供試体の様子(腐食部)

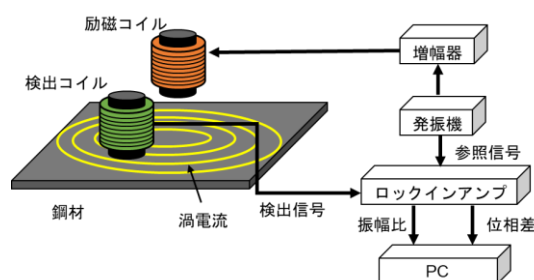


図-3 計測システムの構図

## 2) 計測システム

使用した電磁場応答の計測システム(図-3)について説明する。はじめに、発振器を用いて正弦波バーストの励磁信号を発生させ、発生した信号を増幅器とロックインアンプに入力する。増幅器に送られた信号は増幅され、励磁コイルを通して鋼材へ磁場が作用する。一方、検出コイルは鋼材の磁場の変化を検出して信号をロックインアンプへと送信する。ロックインアンプでは発振器から直接入力された信号を参照信号、検出コイルから入力された信号を検出信号として位相敏感検波を行い、電磁場応答(振幅・位相差)を算出する。そして、得られた電磁場応答をPCにて記録する。その時の位相差 $\theta$ は式(検出した交流磁場の位相)と(励磁コイルの交流磁場の位相)の差を取ったものであり、単位は( $^{\circ}$ )である。

キーワード 鉄筋腐食, 高周波交流磁場, 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

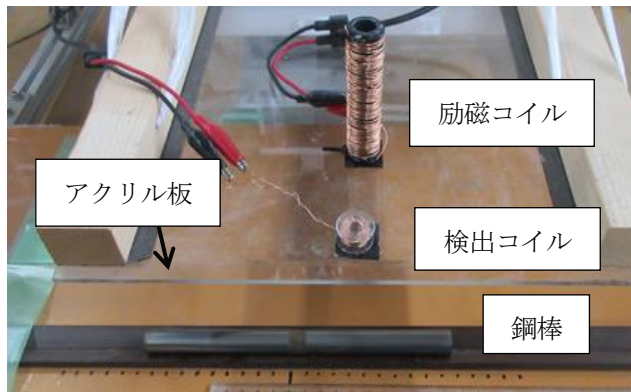
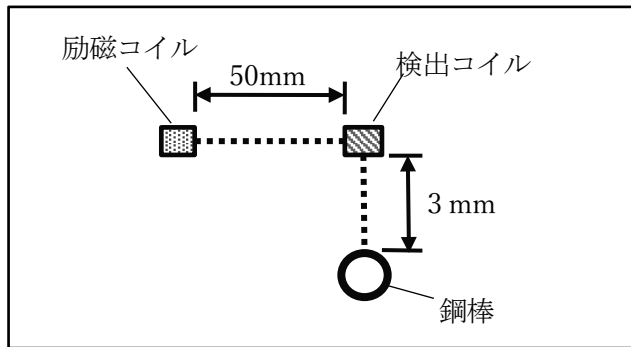
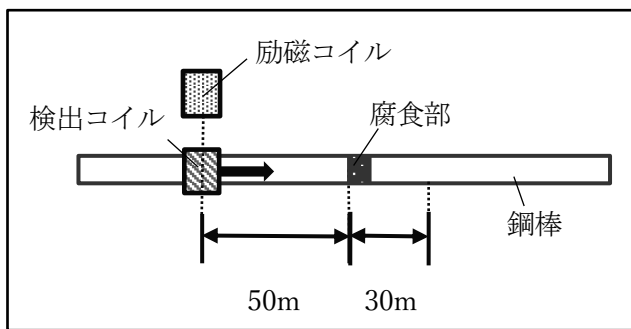


図-4 計測の様子



(a) 断面図



(b) 上面図

図-5 計測概要

3) 計測概要

計測には XY テーブルを測定台として使用した。励磁コイルは、直径 10mm, 50T, 検出コイルは直径 10mm, 50T を使用した。端部から距離 50mm の位置を計測基準位置とし、その位置での位相差を基準値ゼロとして扱った。計測点は 10mm 間隔に基準測定点を含めた計 9 点の測定を行った。励磁・検出コイルはアクリル板上に載せていることから、XY ステージを操作し、両コイルの位置関係を保ちながら水平移動させることで各点の測定を行った。その際の計測の様子を図-5 に示す。図-7 は、同一寸法の鋼棒を用い、腐食がない供試体（健全）と腐食した供試体の位相差  $\theta$  を計測した結果を示す。計測に用いた周波数は 200kHz とした。

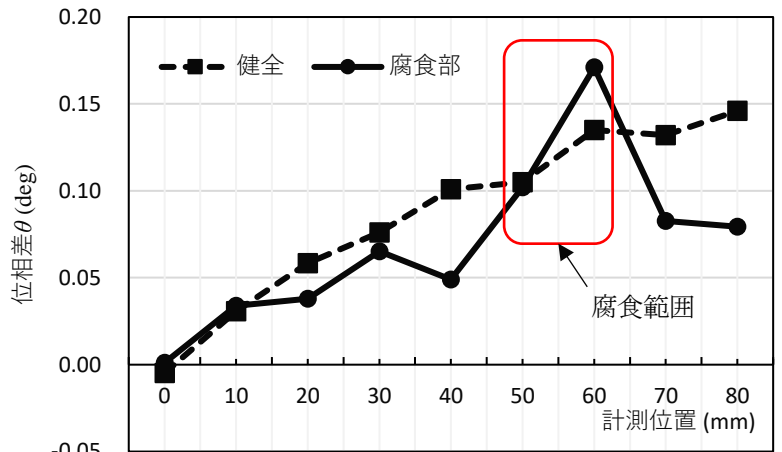


図-6 位相差  $\theta$  (200kHz)

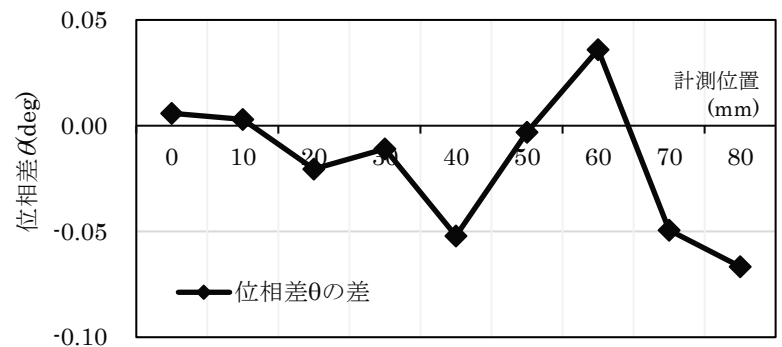


図-7 位相差  $\Delta\theta$

3. 結果

鋼棒が腐食部を有する場合には、健全な状態と異なる電磁場応答を示すことを確認した(図-7 参照)。鋼棒が健全な状態であるときは計測点が計測基準点から離れるにつれ、位相差  $\theta$  がゆるやかに増加の傾向が表れた。一方、腐食している場合には、腐食部と健全な部分の境界付近で位相差  $\theta$  が大きく変化する傾向が得られることがわかった。このときの位相差  $\Delta\theta$  を図-8 に示す。図より、健全部と腐食部の境界である 50mm の近傍にて位相差  $\Delta\theta$  が大きく変化したことがわかる。このような変化を示す原因としては、鋼棒上に発生した渦電流が比較的広い範囲で分布しており、移動に伴い、この渦電流が腐食部位の影響を受けることで位相差が変化したものと考えられる。このことから、本手法はコンクリート構造物の内部鉄筋の腐食の検知などに有効な検査方法となり得る可能性が示された。

4. 結論

- (1) 鋼棒が腐食部を有する場合には、健全な状態と異なる電磁場応答が得られることがわかった。
- (2) 鋼棒の腐食による減肉部分の境界付近で位相差  $\theta$  が大きく変化する傾向が確認できた。