

## 腐食生成物が電磁場応答を用いたコンクリート中鋼材の腐食評価手法に与える影響に関する基礎的研究

大成建設株式会社（元大阪大学大学院） 正会員 ○梅谷 晃大 大阪大学大学院 学生会員 江藤 慶太  
 大阪大学大学院 正会員 沈 力 大阪大学大学院 正会員 服部 晋一  
 大阪大学大学院 正会員 寺澤 広基 大阪大学大学院 正会員 鎌田 敏郎

## 1.はじめに

高度経済成長期に建てられた多くの社会基盤構造物の老朽化に対して、現在では大規模更新・修繕事業が進められている。これらのコンクリート構造物の合理的な修繕、管理において、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。これまで、自然電位法や分極抵抗法が用いられていたが微破壊を伴う課題がある。

本研究では、非破壊で初期段階における鋼材の腐食状態を評価するための方法として、高周波の交流磁場を用いた電磁場応答に着目し、腐食評価を行った。本手法では、腐食の有無による鋼材表面の変化を励磁電流と渦電流による誘導磁場の位相の差で評価する。既往の研究において、腐食による鋼材表面近傍の磁気分布は明らかにされているが、コンクリート表面において鋼材の断面欠損、析出する腐食生成物が二次的な誘導磁場に及ぼす影響についてはまだ十分明らかにされていない<sup>1)</sup>。そこで本研究では、腐食による断面欠損や腐食生成物の存在が本手法の腐食評価にどのような影響を与えるか、基礎的な検討を行った。

## 2.腐食評価の原理

図-1に本手法の計測システム、図-2に計測原理を示す。励磁コイルを用いて鋼材に交流磁場を与えると、鋼材表面に渦電流が発生する。また、渦電流の発生に伴い、二次的な磁場が発生する。鋼材に腐食部が存在すると、鋼材表面を流れる電流経路が変化するので、健全部、腐食部における二次的磁場  $B_h$ 、 $B_c$  は異なる変化を示す。交流励磁電流と二次的な磁場  $B_h$ 、 $B_c$  は同一の周波数であるため、交流励磁電流の波形を参照信号、二次的磁場の波形を検出信号とし位相検波を行うことで、交流励磁電流と二次的磁場の位相差を高い精度で算出することができる。本手法で

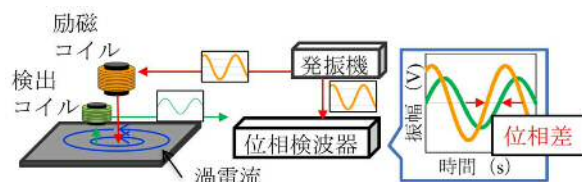


図-1 計測システムの概要

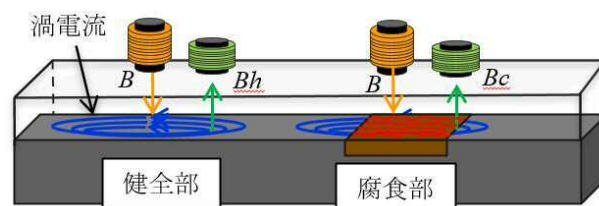


図-2 本手法の計測原理

は  $B_h$ 、 $B_c$  の位相差の変化を検出することで腐食状況进行评估する。

## 3.腐食生成物の影響

腐食生成物の存在や、その析出に伴う鋼材の断面欠損が本手法の電磁場応答に与える影響を評価するため、乾湿繰り返し試験により腐食を模擬し、実験を行った。

## (1) 乾湿繰り返し試験概要

鋼板①から⑧で 3%塩水を用いた乾湿繰り返し試験を行った。腐食部に塩水を 24 時間浸漬、48 時間乾燥の工程を 1 サイクルとし、各サイクルで位相差を測定した。また 5, 10, 15 サイクルで 10%クエン酸二アンモニウム水溶液を用いて腐食生成物を除去し、質量減少率を求めた（表-1）。乾湿繰り返し試験による鋼板の腐食状況を図-3に示す。

表-1 乾湿繰り返し試験結果

| サイクル     | 質量減少率 | 腐食層の厚さ  |
|----------|-------|---------|
| 15 (①②③) | 4.6%  | 0.046mm |
| 10 (④⑤⑥) | 4.0%  | 0.040mm |
| 5 (⑦⑧)   | 3.1%  | 0.031mm |



サイクル 1 サイクル 5 サイクル 10 サイクル 15

図-3 乾湿繰り返し試験による腐食状況

キーワード：鋼材腐食、高周波交流磁場、渦電流、電磁場応答、位相差

連絡先：〒162-0604 東京都新宿区西新宿 1 丁目 25 新宿センタービル 16 階 N ゾーン

## (2) 測定条件概要

鋼板寸法，腐食部，測定配置を図-4 に示す．励磁コイルは鋼板中心直上にかぶりに相当する 30mm 離して配置した．検出コイルは鋼板中心線との間隔を 30mm に保ち，鋼板左端から 50mm の位置 0mm を始点とし，鋼板右端から 50mm の位置 200mm まで移動させ，10mm 毎に位相差を測定した．励磁コイル，検出コイルはそれぞれ直径 20mm，10mm のプラスチック芯に銅線を 50 巻きしたものを用いた．なお，印加した交流電流は振幅 10V，周波数 200kHz とした．本実験で使用した機器を図-5 に示す．

## (3) 実験結果

横軸に位置，縦軸に位相差の変化量を表した結果を図-6 に示す．各サイクルにおいて腐食部中央の位置 90mm 近傍で位相差の変化量が最大となった．この値を位相差の変化量のピーク値として評価指標に用いた．図-7 に各サイクルの位相差の変化量のピーク値を示す．この図から，位相差の変化量のピーク値はサイクル 10 までは徐々に増加し，サイクル 11 以降はほとんど変化しないことがわかった．

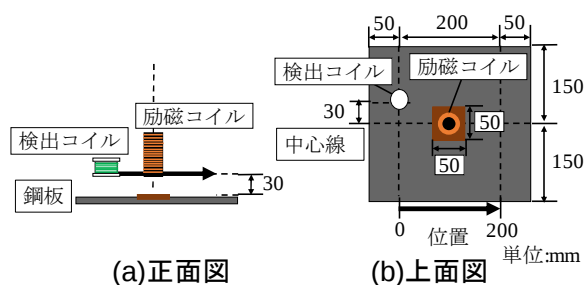
また，腐食生成物の存在が評価指標に与える影響を検討するため，サイクル 10，サイクル 15 で腐食生成物除去前と除去後の位相差の変化量を求めた結果を図-8 に示す．この結果から，ばらつきはあるものの，腐食生成物の有無による差は  $0.1^{\circ}$  から  $0.3^{\circ}$  程度であることがわかった．腐食生成物除去前の位相差の変化量のピーク値は  $1.5^{\circ}$  程度であったことから，腐食生成物の存在の影響は鋼板の断面欠損の影響に比べ小さいことがわかった．

## 4. 結論

腐食生成物が本手法で測定する位相差に与える影響について基礎的な実験で検討した．その結果，腐食生成物が電磁場応答に与える影響は，断面欠損に比べ小さいとわかった．

## 5 参考文献

- 1) 田口暁久，梅谷晃大，服部晋一，寺澤広基，鎌田敏郎：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，土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会，V-248，2021



(a)正面図

(b)上面図

図-4 実験概要



(a)励磁コイル



(b)検出コイル



(c)発振器と位相検波器

図-5 実験概要

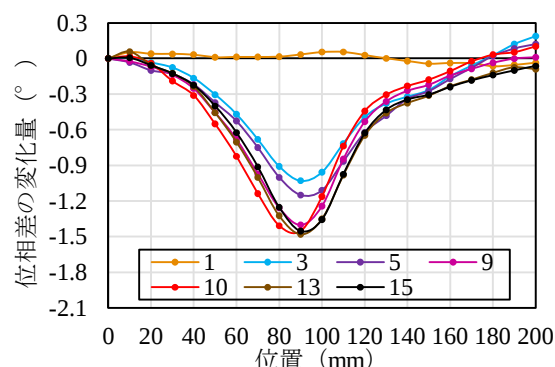


図-6 各サイクルにおける位相差の変化量

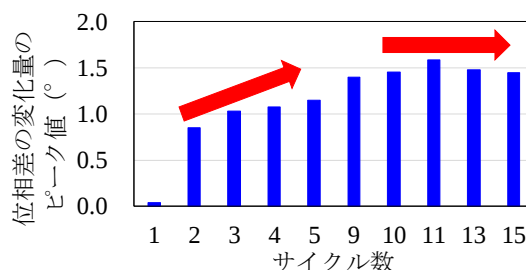


図-7 位相差の変化量のピーク値

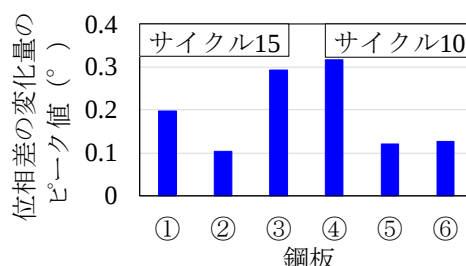


図-8 (腐食生成物除去前)―(除去後)