

第Ⅴ部門 電磁場応答を用いたコンクリート中鋼材の腐食評価に関する基礎的研究

大阪大学工学部 学生員 ○梅谷 晃大 大阪大学大学院工学研究科 学生員 谷 春葉
 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 寺澤 広基
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 鎌田 敏郎

1.はじめに

コンクリート構造物の維持管理では、その健全度の診断のために、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。しかしながら現時点では、その方法は自然電位法等に限定されており、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、非破壊で初期段階における鋼材の腐食状態を評価するための新しい手法について検討した。ここでは、その基礎実験として、様々な腐食状態を模擬した鋼板に高周波の交流磁場を作用させ、その電磁場応答を測定することで、腐食評価に効果的な実験条件を把握し、鋼板における腐食状態が電磁場応答に与える影響に関して検討した。

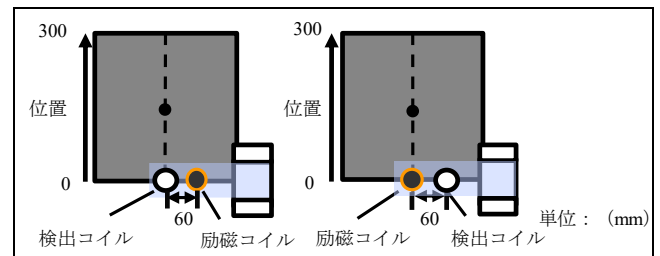
2. 計測配置が電磁場応答に及ぼす影響

本手法では、計測に用いる励磁／検出コイルの配置によって、鋼板における渦電流の発生範囲や、腐食評価に適した電磁場応答の検出範囲が決まる。一方、電磁場応答の検出に際しては、鋼板の端部において渦電流に乱れが生じるため、腐食の評価が困難になるという課題がある。これらより、鋼板に対するコイルの配置状況が電磁場応答に及ぼす影響について検討する必要がある。

2.1 励磁／検出コイルの配置に関する検討

(1) 実験概要

本手法での適切な励磁／検出コイルの配置に関する検討を行うため、図-1 に示すように鋼板を使用し、その中心線上に励磁コイル(直径 10mm, 巻き数 50)を配置し、そこから直行する方向に 60mm 離れた位置に検出コイル(直径 10mm, 巻き数 50)を配置する実験とその励磁コイルと検出コイルの配置を入れ替えた条件の実験の計 2 つの実験を行った。供試体には寸法(300mm×300mm)で厚さ 1mm の鋼板を用いた。また、本研究では比較的小さいかぶりを想定して、励磁コイ



(a)励磁コイル中心線上, (b)検出コイル中心線上

図-1 計測配置(上面図)

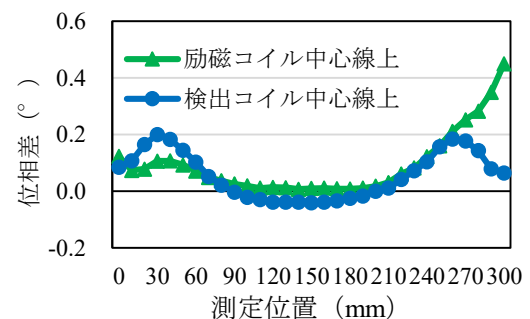


図-2 各コイル配置での位相差の比較

ルおよび検出コイルを鋼板から 30mm 離れた状態で周波数を 200kHz として測定を行った。

(2) 実験結果および考察

図-2 より、励磁コイルを鋼板中心線上に配置した場合に比べて、検出コイルを鋼板中心線上に配置した場合に位相差の測定結果は中心位置に対してさらに高い対称性を示した。本手法では、鋼板に対して図-1 のようにコイルを配置した場合、計測方向における位相差の変化のグラフは中心位置に対して対称性をもつと考える。このことから、健全鋼板の測定結果がより高い対称性をもつ計測配置を検討することで、測定精度の高い計測配置について検討できると考えた。以上により、検出コイルを鋼板中心線上に配置することで、より高い精度の測定結果を得ることができるとわかった。

2.2 コイル間距離に関する検討

(1) 実験概要

本手法における測定精度を向上させるために、励磁

コイルと検出コイルとの間の距離について検討を行った。健全鋼板を用いて、その中心線上に検出コイルを配置し、コイル間距離(90, 70, 50)mmのそれぞれの場合で位相差を測定した。供試体およびコイルは 2.1 と同じである。ここで、測定結果における中心位置に対する対称性を評価するため、コイル間距離の測定位置 0mm~140mm の範囲の位相差 ($\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_{14}$) と測定位置 300mm~160mm の範囲の位相差 ($\theta_{30}, \theta_{29}, \dots, \theta_{16}$) の差の二乗平均平方根 θ_{RMS} (°) を算出した。この値が小さくなるほど、測定結果の中心位置に対する対称性は高く、より高い精度で位相差を測定できると考える。 θ_{RMS} の算出方法は以下の通りである。

$$\theta_{RMS} = \sqrt{\frac{(\theta_0 - \theta_{30})^2 + (\theta_1 - \theta_{29})^2 + \dots + (\theta_{14} - \theta_{16})^2}{15}}$$

(2) 実験結果および考察

実験結果を図-3 に示す。図-3 からコイル間距離が小さくなるほど、測定結果の中心位置に対する対称性は高くなった。よって、今回の実験条件の範囲では、コイル間距離が小さいほど測定精度はより高くなった。

3. 腐食状態が電磁場応答に与える影響

(1) 実験概要

本実験では、腐食状態が電磁場応答に与える影響を検討するため、図-4 に示す 4 ケースの腐食範囲においてそれぞれ質量減少率(0.5, 1.0, 2.0)%の 3 水準の腐食模擬鋼板を断面欠損により作製した。また、測定誤差の検討を行うために、腐食がないケース 0 においても実験を行った。検出コイルを鋼板中心線上に配置し、コイル間隔は 50mm で設定し、位相差の測定を行い、健全鋼板で測定した結果と比較した。なお、供試体とコイルは 2.1 と同じものを使用している。健全鋼板と各腐食模擬鋼板における位相差の差の絶対値を位相差の変化量 $\Delta\theta$ (°) と定義し、以後このように表現する。

(2) 実験結果および考察

本実験では、鋼板端部の効果の影響を考慮し、測定位置 100mm~200mm の範囲で検討した。またケース 0 の測定位置 100mm~200mm の範囲では $\Delta\theta$ が最大で

0.0138 (°) となった。このことより、測定位置 100mm~200mm では $\Delta\theta$ は腐食模擬部では 0.0138 (°) を上回り、健全部では下回ると想定される。表-1 にケース D での測定位置ごとの $\Delta\theta$ の評価を示す。ここでは、 $\Delta\theta$ が 0.0138 (°) より大きくなった点を網掛けで表している。その結果、ケース D では腐食模擬部においては全て想定と同様になり、腐食による電磁場応答への影響を確認できたが、健全部において想定と反し、網掛けとなる点が現れた。これは本実験で健全部として測定した点が腐食部と近接していたことにより、腐食部の影響を受けたためだと考えられる。

4. 結論

検出コイルを鋼板の中心線上に配置し、コイル間距離 50mm で計測することで、本手法における位相差の測定精度を向上させた。また、腐食部において、腐食による電磁場応答への影響が確認でき、その影響は腐食部近傍の健全部まで及ぶことがわかった。

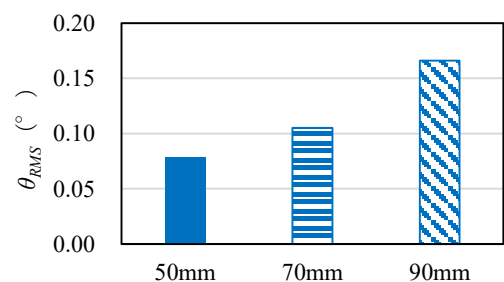


図-3 各コイル間距離における θ_{RMS}

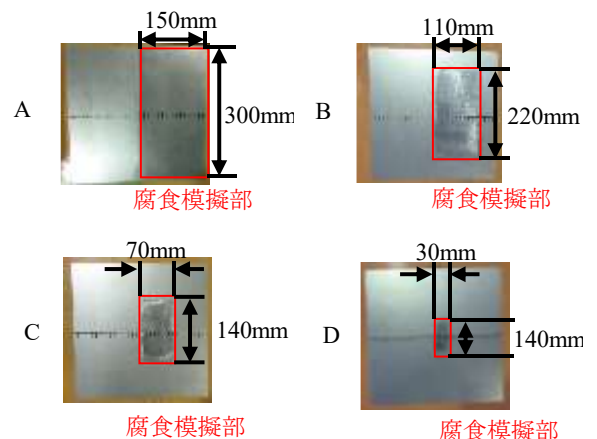


図-4 腐食模擬鋼板概要

表-1 ケース D での測定位置ごとの $\Delta\theta$ の評価

	100mm	110mm	120mm	130mm	140mm	150mm	160mm	170mm	180mm	190mm	200mm
0.5%	0.6620	0.0592	0.0683	0.0712	0.0747	0.0685	0.0579	0.0526	0.0469	0.0242	0.0089
1.0%	0.0318	0.0389	0.0498	0.0585	0.0598	0.0457	0.0316	0.0362	0.0362	0.0157	0.0022
2.0%	0.0284	0.0179	0.0324	0.0394	0.0279	0.0213	0.0088	0.0094	0.0103	0.0072	0.0180