高周波交流磁場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 〇梅谷 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

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 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、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



図-2 各コイル配置での位相差の比較

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、励磁コイルおよび検出コイルを鋼板から30mm離した状態で周波数を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られる.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 ることがわかった.

- 2.2 コイル間距離に関する検討
- (1) 実験概要

キーワード 電磁場応答,非破壊検査,腐食評価

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科 Tel: 06-6879-7618

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,測定位置 0mm~140mm の範囲の位 相差 ( $\theta_0$ ,  $\theta_1$ , ...,  $\theta_{14}$ ) と測定位置 300mm~160mm の範囲の位相差( $\theta_{30}$ ,  $\theta_{29}$ , ...,  $\theta_{16}$ )の差の二乗平 均平方根  $\theta_{RMS}$ (°)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. $\theta_{RMS}$ は以下の方法で算出する.

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

# (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A~Dの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、 健全鋼板での測定結果と比較した.なお、供試体 とコイルは2.1と同じとした.健全鋼板と各腐食 模擬鋼板の位相差の差の絶対値を位相差の変化 量 40(°)と定義し、以後このように表現する. 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 *A*θ が最大で 0.0138 (°) となった.これより、測 定位置 100mm~200mm では *A*θ 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 *A*θ の 評価を示す.ここでは、*A*θ が 0.0138 (°) より大 きくなった点を網掛けで表した.その結果、ケー ス D では腐食模擬部で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、 健全部では想定と反し、ケース 0 での最大値を超 える点が現れた.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-4 腐食模擬鋼板概要

表-1 ケース D での測定位置ごとの Δθ 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

© Japan Society of Civil Engineers

(2) 実験結果および考察