

## 第V部門

## 漏洩磁束密度の再着磁時における分布形状の変化を用いた鋼材腐食検知

京都大学 学生会員 ○王 敬媛 正会員 高谷 哲 正会員 山本 貴士

## 1. 研究目的

鋼材腐食劣化を受けるコンクリート構造物の定期点検では、目視を主体としたひび割れなどの外観上の変状に着目するため、このような限られた情報から内部の鋼材の腐食の有無、あるいはその腐食量が推定できることが望ましい。非破壊試験法の一つである漏洩磁束法は、鋼材体積の減少による着磁量の変化が期待されるため、鋼材の腐食量を捉えることができると考えられる。ただし、鋼材の磁束密度は鋼材の断面減少のみならず、経時変化により減少するが確認されている<sup>1)</sup>。そこで本研究では、腐食による断面減少を模擬した鋼材に対して漏洩磁束法を適用し、経時変化による影響を可能な限り排除するために、鉄筋を計測の度に再着磁し、鋼材の腐食による断面欠損が磁束密度分布の変化量とその分布形状に与える影響について検討した。

## 2. 実験概要

## 2.1 供試体

供試体の形状・寸法を図-1に示す。長さ1000mmの磨き丸鋼φ16を用い、健全状態の鋼材を着磁・計測したのち、フライス盤で人工的に断面積を減少させることによって腐食を模擬し、再度着磁・計測を行うことで、鋼材の断面減少が磁束密度分布の変化に与える影響を検討した。

## 2.2 実験要因

鋼材の中央400mmまたは中央800mmを、断面減少率5、10、15%を目標としフライス盤を用い均一に切削することで腐食を模擬した。断面減少率10%は、これまでの研究<sup>2)</sup>で、腐食のばらつきが大きくなり、詳細調査が必要となる可能性のある腐食量で、この10%を漏洩磁束密度の変化か

ら検知できることを期待して設定した。

## 3. 実験結果および考察

## 3.1 腐食量の影響

磁束密度変化量のピーク差と質量減少率の関係を図-2に示す。中央400mmに断面減少区間を設定した供試体では図-2の青色の折れ線が示すように、質量減少率の増加に伴う変化量ピーク差の増加が確認され、変化量ピーク差と質量減少率の関係には、正の相関関係が見られた。

磁束密度変化量の鉄筋軸方向の分布を図-3から図-5に示す。腐食率が5%の場合には変化量分布図のS字形の波形が見られなかったものの、腐食率が10%、15%まで増加すると、腐食によるピーク(図中の極大・極小値を表す■印)を持つS字形の波形が確認された。腐食長さが一定の場合、腐食率が大きいほど、腐食長さの端部での磁極が明確に現れ、より明らかな磁束密度変化量分布の形状変化が見られると考えられる。今回の腐食量では、10%以上の腐食量で明らかな形状変化が見られた。

## 3.2 腐食長さの影響

図-2の橙色の折れ線が示すように、中央800mmに断面減少区間を設定した供試体では、質量減少率と変化量ピーク差の関係から腐食の有無を判別にくい結果が得られた。全長1000mmの鉄筋に対し、800mmの腐食長さが存在するため、腐食区間端部の磁極が、鉄筋全体の特に端部で大きく現れる磁極の部分に重なり、変化量として現れにくくなり、質量減少率と変化量のピーク差の関係が把握しにくくなったと考えられる。このことから、鉄筋全長が平均的に腐

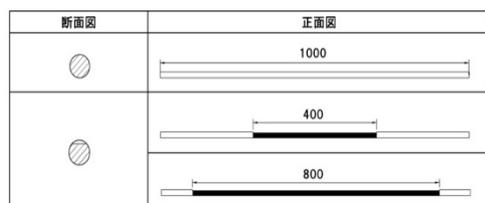


図-1 供試体概要

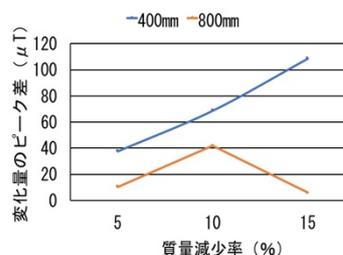


図-2 変化量のピーク差と質量減少率の関係

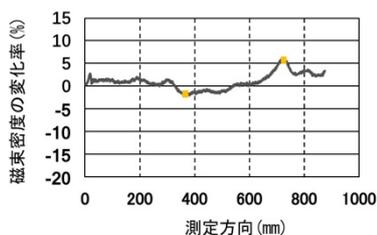


図-3 磁束密度変化率の分布  
(腐食率 5%)

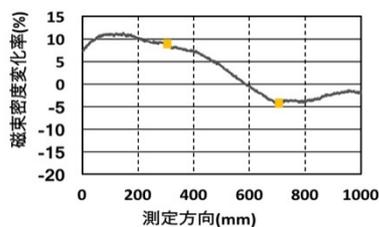


図-4 磁束密度変化率の分布  
(腐食率 10%)

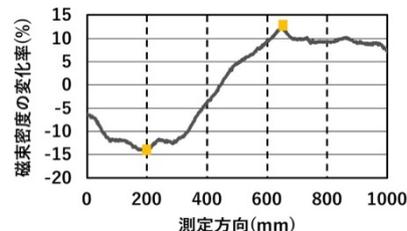


図-5 磁束密度変化率の分布  
(腐食率 15%)

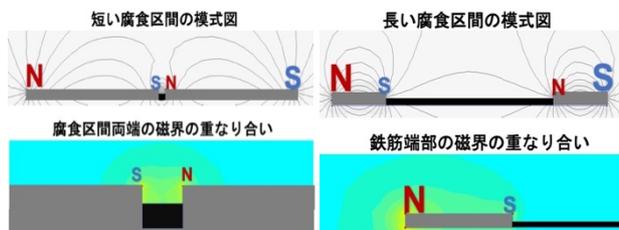


図-6 短い腐食区間の模式図 および磁界の重なり

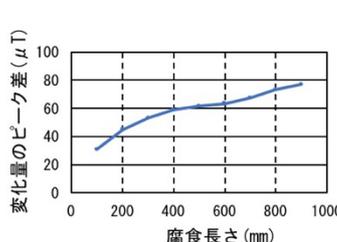


図-7 長い腐食区間の模式図 および磁界の重なり

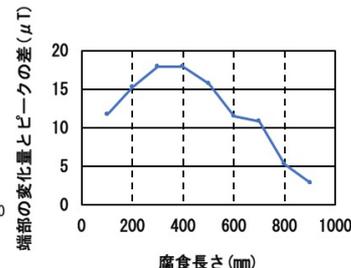


図-8 腐食長さ と変化量  
ピーク差の関係

図-9 腐食長さ と端部の変化量  
とピークの差の関係

食したような場合では、再着磁時の磁束密度の分布および大きさが健全状態に重なるような状況になり、分布形状の差からの腐食の判別が難しくなるといえる。

さらに、有限要素法による平面磁場解析<sup>1)</sup>により磁界図(磁力線図)を求め、磁束変化率の分布における腐食長さの影響を検討した。断面減少区間が短い場合の磁界の解析結果の模式図および腐食区間両端の磁界の重なりの様子を、図-6に示す。腐食長さが短い場合では、腐食区間両端の磁場の重なりが大きいので、腐食による変化量分布形状の変化が把握しにくくなったと考えられる。

また、断面減少区間が長く、鉄筋全長の端部に腐食長さ区間の端部が近い場合の解析結果の模式図および磁界の重なりを、図-7に示す。このような腐食長さが過剰に長い場合では、腐食区間両端の弱い磁界が鉄筋端部の強い磁界と重なり、断面減少区間の端部で生じる小さな磁極の影響が見えにくくなったと考えられる。

解析結果における腐食長さ と磁束密度変化量のピーク差の関係を図-8に示す。長さ1000mm、腐食率20%の鋼材では、正の相関関係が確認された。しかし、ピーク差が大きいほど、変化量の分布図でより明らかなS字形が見えるわけではない。端部の変化量と変化量ピークの差が大きいほど、より明らかなS字形の波形が見えると考えられる。端部付近の変化量の最大値と変化量ピークの差と、腐食長さの関係を図-9に示す。腐食長さが300または400mmの場合では、比較的に明確なS字形の波形が見られる。腐食長さ

が比較的短いまたは長い場合では、先述のように端部の磁界が互いに影響し、S字形の波形が見えにくくなると考えられる。

#### 4. 結論

- (1) 腐食後に再着磁した鋼材の磁束密度変化量の分布は、腐食端部付近でピークを持つS字形の波形となる変化が確認された。また、磁束密度変化量の分布図にピークを持つS字形の波形が見られた供試体では、質量減少率の増加に伴い、磁束密度変化量のピーク差が増加する傾向が得られた。
- (2) 腐食率および腐食長さが磁束密度変化率の分布に与える影響が確認された。

#### 参考文献

- 1) 戎谷大樹, 山本貴士, 高谷哲, 高橋良和: 漏洩磁束法を用いたコンクリート中の鋼材腐食量および腐食範囲の推定, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol. 19, pp. 391-396, 2019.
- 2) 山本貴士, 高谷哲, 中村光, 下村匠, 宮川豊章: 腐食ひび割れ幅を利用した鉄筋腐食 RC 部材の詳細調査要否の判定手法に関する検討, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol. 18, pp. 143-148, 2018.