

1. 研究目的

コンクリート中の鋼材の腐食は構造物の性能に大きく影響する。しかし、コンクリート中の鋼材腐食量を定量的に評価する手法は確立されていない。また、目視点検では、内部で水平ひび割れが進展し外観変状が現れない場合、腐食を検知できない可能性も考えられる。非破壊試験法の一つである漏洩磁束法は、永久磁石を用いて着磁した鋼材からの漏洩磁束を測定するもので、破断した鋼材のように、鋼材の量が著しく変化する位置での磁束変化を求めようとするものである。すなわち、外観変状によらず鋼材量に応じて変化する漏洩磁束を捉えることによって、腐食による鋼材断面の減少を検知できる可能性がある。本研究では、腐食させた鋼材に対して漏洩磁束法を適用し、鋼材の腐食が磁束密度分布の時系列的な変化量に与える影響および腐食量の定量的な評価手法について検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

供試体の形状・寸法を図-1に示す。幅×高さ×長さ=100×200×1600mmで、鋼材としてD13mmの異形鉄筋(SD345)をかぶり20mmで一本配置した。非磁性体であるコンクリートの打込みは行わず、鉄筋の配置のみの供試体とした。磁束密度の経時変化収束後に、鋼材にリード線を取り付け、鋼材の腐食区間を3%NaCl水溶液に浸せきさせた脱脂綿と銅板で巻き込み、鋼材を陽極、銅板を陰極とし、電食による腐食促進を行った。

2.2 実験要因および測定項目

鋼材の腐食区間長さは、プチルテープによる被覆によって調整し、供試体中央から対象に100mm、400mm、800mmとしたものと、供試体端部から1000~1400mmの位置の長さ400mm(以下、400mm②)とした。

漏洩磁束法による磁束密度分布は、図-1の供試体底面側の表面から50mm離れた位置で着磁した鉄筋に対して同じ位置で計測し、求めた。測定終了後、鋼材表面の析出

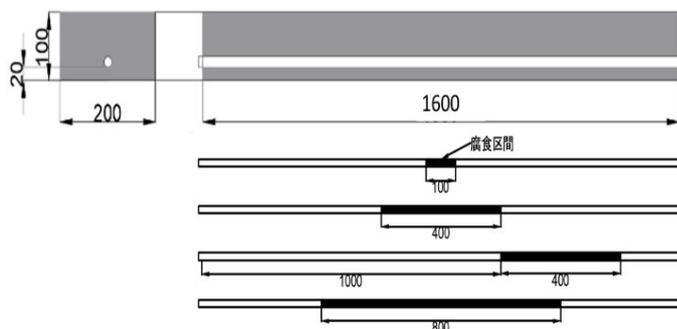


図-1 供試体概要

物と水分をふき取ったうえで、質量を測定した。

3. 磁束密度の変化量と質量減少率の関係

電食により腐食させた供試体の磁束密度の変化量の分布を腐食長ごとに図-2、図-3、図-4、図-5に示す。

電食前後の磁束密度変化量の分布には、電食区間両端付近にピーク(図中の最大・最小値を表す●印あるいは極大・極小値を表す■印)を持つS字形の変化量の波形が現れ、腐食による断面減少を検知できる可能性が得られた。腐食長100mm、400mmの供試体ではおおむね腐食区間両端に最大値、最小値が現れ、腐食区間を推定できる可能性が得られた。

一方、腐食長400mm②の供試体では質量減少率2.7%以降、電食区間端部付近のピークの他に測定位置259mm~304mm付近に最大値のピークが現れた。腐食長100mmで質量減少率6.2%の供試体でも類似のピークが確認される。いずれも腐食区間外の変化であることから単に経時変化が起きた、あるいは、腐食区間端部に生じた磁極が外部磁場となって経時変化を促進した可能性が考えられる。

また、腐食長800mmの供試体では、電食区間左端から250mm程度左側にシフトした位置に他に比べ大きな最大値のピークが現れた。腐食による断面減少に起因したピークに、腐食長400mm②と同様のピークが重なったことによると考えられる。

そこで、腐食による変化を捉えるために電食区間端部付近に生じたピークを用いて検討を行った。腐食区間端部付

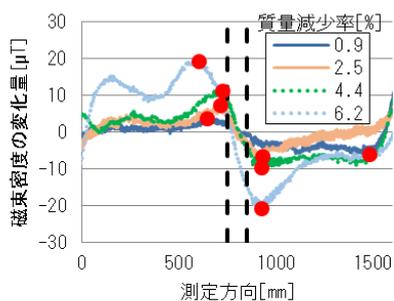


図-2 磁束密度の変化量の分布

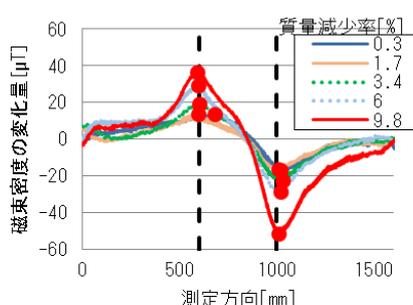


図-3 磁束密度の変化量の分布

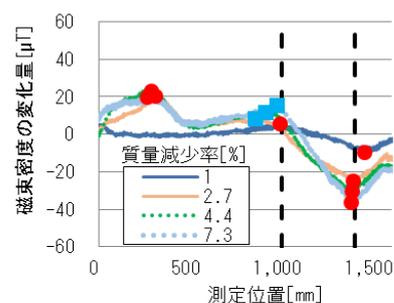


図-4 磁束密度の変化量の分布

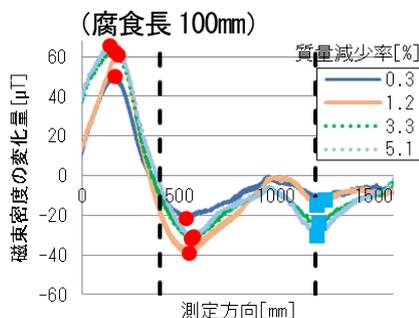


図-5 磁束密度の変化量の分布
(腐食長 800mm)

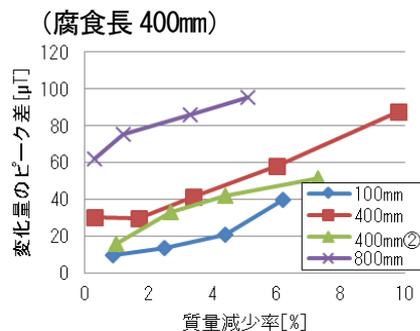


図-6 質量減少率と磁束密度の
変化量のピーク差の関係

近のピークから算出した磁束密度の変化量のピーク差と質量減少率の関係を図-6に示す。腐食長 800mm の供試体においては測定位置 150mm~200mm の最大値を用いた。質量減少率の増加に伴い、変化量のピーク差がおよそ増加する傾向が得られ、磁束密度の変化量の分布を求めることで腐食量を推定できる可能性が得られた。腐食長 100mm, 400mm のグラフは腐食に起因するピークのみを捉えられているため直線的あるいは下に凸であるのに対し、腐食量 400mm②, 800mm では、腐食区間外の磁束密度の変化によって、腐食による断面減少に起因する変化が不明瞭になったため、変化量の増加率が小さくなりグラフは上に凸になったと考えられる。

4. コンクリート中の鋼材の腐食量モニタリング手法

モニタリング対象の主鉄筋方向に磁石ユニットを動かすことで主鉄筋を磁化する。腐食により断面が減少した場合、腐食区間端部から生じる磁場の他に、着磁終了位置に変化がみられた。このことから、着磁終了位置は、桁部材のスパン中央部など、構造上重要な着目したいモニタリング対象区間の外に設定するのが望ましい。

経時変化が収まった後、健全状態での磁束密度分布を測定し、一定期間経過ごとに磁束密度分布を測定する。磁束密度に変化が現れた場合、モニタリング対象区間の磁束密度変化量の分布を描き、その分布のピーク位置から腐食区間を推定する。その腐食長に応じた比例関係を用いて変化

量の分布のピーク差から質量減少率を推定する必要がある。数%の質量減少率を精緻に求めるためには、この比例関係式を確実に実験で定めておく必要がある。しかし、質量減少率 10%程度の腐食を概略的に把握するのであれば、50 μ T 程度の変化量を検知できればよい。このように、10%までの腐食量を概略で推定することができれば、小さい腐食の内に適切な対策を施すことができるだけでなく、人的・時間的コストの大きい詳細調査の必要数が減る可能性がある。推定質量減少率が 10%程度を超えていると推定される場合など、局所的な腐食は構造性能の評価に対して重要であるため、はつりなどを伴った詳細調査を行う。

5. 結論

- (1) 磁束密度の変化量のピーク位置および大きさからそれぞれ腐食区間と区間内の平均的な質量減少量を推定できる可能性が得られた。
- (2) 漏洩磁束法を用いた鋼材腐食モニタリング手法を提案することが出来た。

参考文献

- 1) 廣瀬誠:漏洩磁束法によるポストテンション実橋における PC 鋼材破断調査, プレストレストコンクリート工学会, 第 23 回シンポジウム論文集, 2014, 10