

漏洩磁束法の簡易着磁手法を用いた鉄筋破断のスクリーニングに関する研究

京都大学 学生員 ○寺澤広基

JR 東日本 正会員 鈴木辰彦

(株) 四国総合研究所 正会員 廣瀬誠

京都大学 正会員 服部篤史 石川敏之 河野広隆

1. はじめに

ASR によるコンクリート構造物内部の鉄筋破断を非破壊で診断する手法に漏洩磁束法がある。既往の研究から、上部工等の存在により鉄筋隅角部に対し片面側からしかアクセスできない場合でも、対象鉄筋長手方向に着磁を行う（以下、通常着磁）ことで診断が可能であり¹⁾、また、より簡易な着磁手法による診断の可能性が示されている²⁾。本研究では、未だ検討が少ない簡易着磁手法について、鉄筋状態（亀裂、破断）およびかぶりの影響を測定結果のばらつきを含めて調査し、鉄筋破断のスクリーニング手法としての適用性に関する検討を行った。

2. 研究概要

2.1 供試体概要

図1に示すように、RC 橋脚梁部のスターラップ隅角部での破断を診断の対象として想定した。木製の実験台に主鉄筋（長さ：1200mm、鉄筋径：D32）とスターラップ（長さ：1800mm、鉄筋径：D16）を1本ずつ固定し実験を行った。スターラップについては中央で90°曲げを行い、破断鉄筋は隅角部でバンドソーを用いて切断し、ギャップを0mm（接触状態）と2mm（破断状態）で固定した。亀裂鉄筋は隅角部の内側から径の50%の切れ目を施した。スターラップ表面から測定面までの距離は50、75、100 および150mmとした。

2.2 計測手法

着磁方法については、永久磁石を内蔵した磁石ユニットを図2に示すように鉄筋隅角部に設置し、主鉄筋に沿う方向にスライドさせた。着磁後、磁気計測ユニットを用いて、測定面に垂直な方向成分の磁束密度をスターラップ直上で計測した。測定結果の一例を図3に示す。隅角部直上を通過した磁石ユニットS極の影響により、隅角部付近($x=100\sim150\text{mm}$)

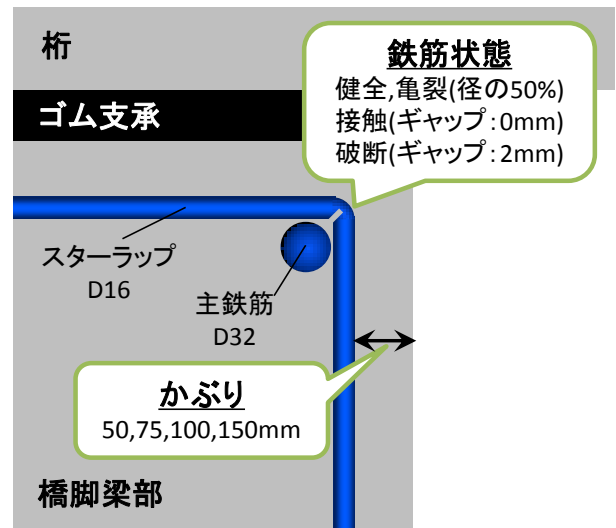


図1 想定した診断状況

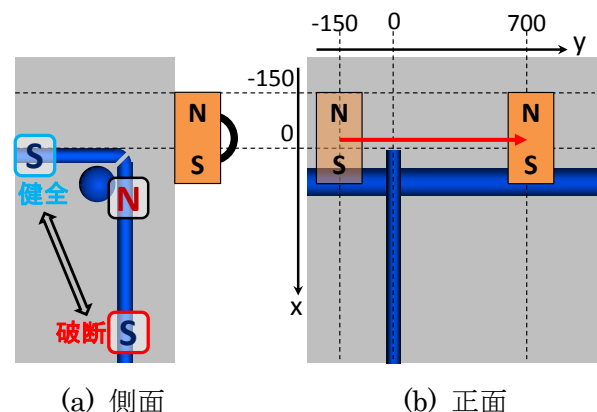


図2 簡易着磁手法

にN極が生じ、健全では測定面から奥の位置に（図2(a)参照）、破断では測定面の $x=500\sim600\text{mm}$ の位置にS極が生じる。その結果、健全の方が隅角部付近($x=0\sim100\text{mm}$)での傾きが大きいこと、破断では隅角部から離れるに従い磁束密度が大きく低下することから、 $x=500\text{mm}$ の位置での測定磁束密度（500 磁束密度、単位： μT ）および傾きの最大値（最大変化率、単位： $\mu\text{T}/\text{mm}$ ）を診断の指標とした。

キーワード 鉄筋破断、非破壊検査、漏洩磁束法、ASR、スクリーニング

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂CクラスターC1棟 構造物マネジメント工学講座 TEL 075-383-3321

3. 結果および考察

3.1 鉄筋状態ごとの診断の可能性

かぶり 50mm の条件で各鉄筋状態につき 30 本ずつ計測し、診断指標の平均値 μ および標準偏差 σ を用いて得られた健全状態との正規化距離 $\left| \frac{\mu - \mu'}{\sqrt{\sigma^2 + \sigma'^2}} \right|$ を、

通常着磁の診断指標¹⁾とあわせて図 4 に示す。亀裂状態の識別は通常着磁と同様に難しく、接触状態では通常着磁の方がより正確に診断できるが、破断の検知については測定値のばらつきを考慮しても簡易着磁のみで十分可能であると考えられる。

3.2 かぶりと診断指標の関係

図 5 は健全、接触、破断状態について、かぶりを 50mm (30 本ずつ)、75, 100 および 150mm (各 5 本ずつ) と変化させ、得られた 500 磁束密度を x 軸に、最大変化率を y 軸にプロットしたものである。かぶりが大きくなるほど 500 磁束密度の値は大きく、最大変化率の値は小さくなる。ここで各かぶりでの診断指標の平均値 μ および標準偏差 σ を用いて、健全と接触および接触と破断の境界を $\frac{\sigma'^2 \mu + \sigma^2 \mu'}{\sigma^2 + \sigma'^2}$ とし

て求め、線形近似し、「健全-接触」境界線より大きい領域をⅠ、「接触-破断」境界線より小さい領域をⅢ、その間の領域をⅡとする。かぶりの値に関わらず、健全、接触、破断はそれぞれ領域Ⅰ、Ⅱ、Ⅲにほぼ分布している。簡易着磁を用いて、領域Ⅰを「破断なし」、領域Ⅲを「破断あり」と判定するスクリーニングを行い、領域Ⅱについては再度通常着磁を実施することで、診断の信頼性を損なうことなく漏洩磁束法にかかる手間を省くことができる。

4. 結論

- (1) 簡易着磁手法を用いることで、測定値のばらつきを考慮しても十分な精度で破断を検知できる。
- (2) 2 つの診断指標を組み合わせることで、かぶりの値に関わらず診断が可能である。
- (3) 簡易着磁手法をスクリーニングに使用する、より合理的な漏洩磁束法のプロセスを提案した。

参考文献

- 1) 寺澤広基, 廣瀬誠, 服部篤史, 河野広隆, 宮川豊章: 磁気法片面診断による鉄筋破断非破壊検査の確率論的検討, 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, 第 12 巻, pp.447-482,

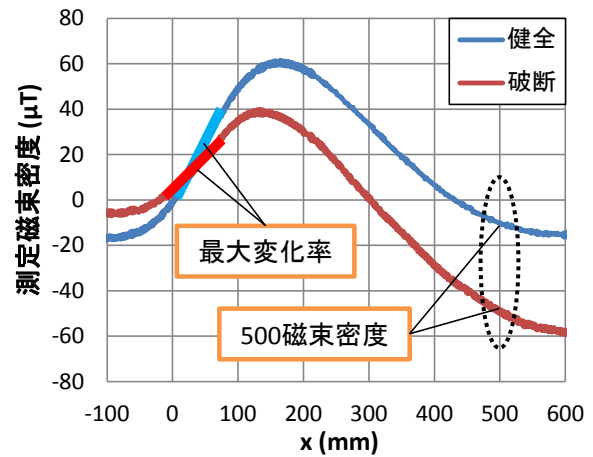


図3 測定結果一例 (かぶり: 75mm)

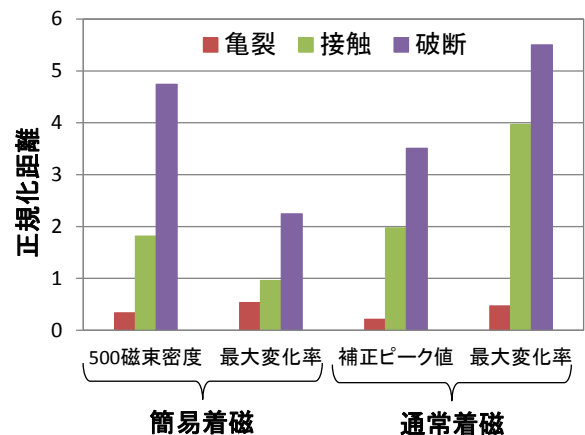


図4 診断指標と正規化距離の関係

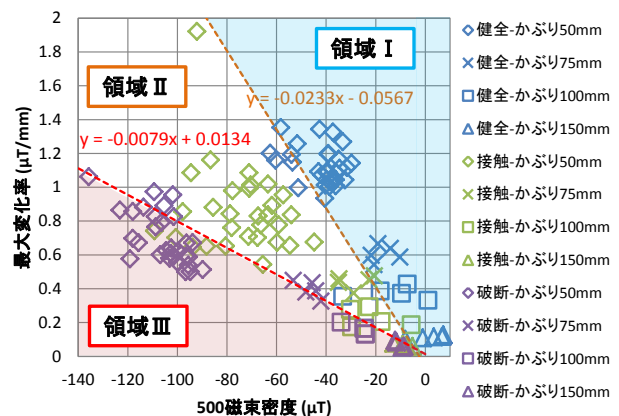


図5 各かぶりにおける診断指標の変化

2012.11.

- 2) 鈴木辰彦, 寺澤広基, 廣瀬誠, 服部篤史, 河野広隆: 磁気法片面診断による隅角部の複数本の鉄筋を対象とした破断検出の適用性と簡易化に関する研究, 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, 第 12 巻, pp.375-380, 2012.11.