

京都大学工学研究科 学生員 ○寺澤 広基
 (株) 四国総合研究所 正会員 廣瀬 誠
 京都大学工学研究科 正会員 服部 篤史 石川 敏之
 河野 広隆 宮川 豊章

1. はじめに

ASR によるコンクリート構造物内部の隅角部鉄筋破断を非破壊で診断する手法の一つに磁気法がある。磁気法とは永久磁石で鉄筋を隅角部の両側面から着磁し、コンクリート表面の磁束密度を測定することで破断の有無を診断する手法である。しかし、実際の構造物では上部工等の存在により隅角部の上面側から接近できない場合があり、片面からのみの着磁・測定による行う磁気法片面診断の研究が進められている。本研究では、磁気法片面診断手法における測定結果のばらつきを評価するとともに、判断基準の作成および実際の構造物での片面診断結果との比較を行った。

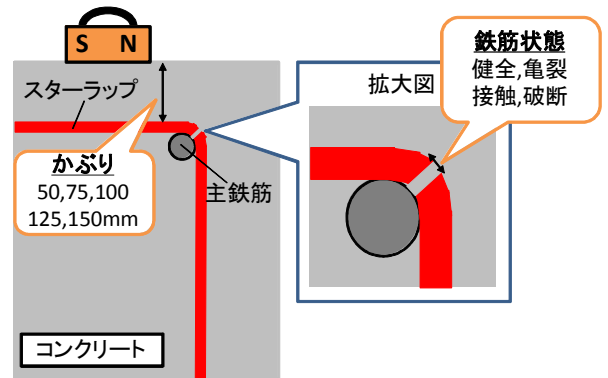


図1 想定した配筋状況

2. 研究概要

2.1 供試体概要

橋脚梁部のスターラップ隅角部の破断を診断の対象とした。図1に想定した配筋状況を示す。磁気法ではコンクリートの影響をほぼ受けないと考えられるため、木製の実験台に鉄筋を固定し実験を行った。使用した鉄筋は、スターラップが長さ 1800mm の D16、隅角部の主鉄筋が D32 の 1500mm である。スターラップについては中央で 90° 曲げを行い（曲げ内半径：35mm > 2φ）、接触鉄筋（破断ギャップ：mm）と破断鉄筋（破断ギャップ：2mm）は隅角部でバンドソーを用いて切断した。亀裂鉄筋は隅角部の内側から径の 50%の切れ目を施した。

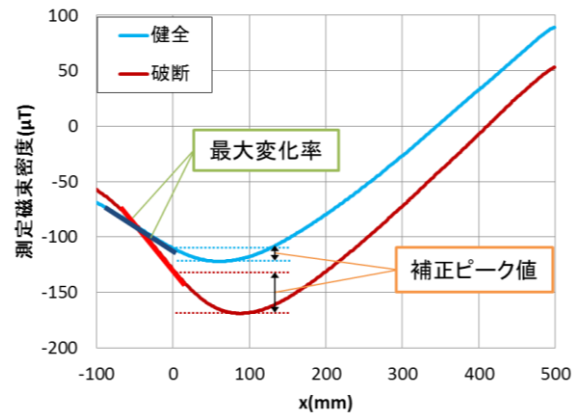


図2 磁束密度測定結果一例

2.2 診断手順

着磁方法については、磁石ユニットを測定鉄筋長手方向に 1.5 往復させた後、300mm 離れた位置で同様に 1.5 往復させた。これは複数本配置してある鉄筋の着磁を想定した動かし方である。着磁終了後、鉄筋直上で磁気計測ユニットを隅角部下方 500mm の位置から 600mm 移動させ、測定面に対し垂直方向の磁束密度成分を測定した。

2.3 診断指標

図2に磁気法片面診断の測定磁束密度の一例を示す。破断の方が健全より測定磁束密度のピークの山が高く、かつ急峻となるという特徴がある。本研究では地磁気等の環境磁場による測定磁束密度への影響を考慮し、ピークの値と隅角部 (x = 0mm) での測定磁束密度の差をとることで山の高さを評価した補正ピーク値および傾きの最大値を評価した最大変化率の2つを診断指標とした。

3. 実験結果および考察

3.1 診断指標の分布の把握

健全・亀裂（50%）・接触・破断状態の D16 鉄筋をかぶり 50mm で 30 本ずつ着磁・測定を行い、データのばらつきを診断指標ごとに正規分布および対数正規分布を仮定しカイ二乗検定を行った結果、補正ピーク値では対数正規分布、最大変化率では正規分布を適用することが妥当であると分かった。図 3 に示す実測値（縦棒）と平均値・標準偏差から得られた分布（平滑線）より、データのばらつきの分布は正規分布と対数正規分布で概ね評価できることが分かる。診断指標を比較すると、最大変化率のほうが破断なし（健全・亀裂）と破断あり（接触・破断）の分布が明確に分かれている。また、健全と亀裂の分布は重なる範囲が広く、亀裂状態鉄筋の検知は難しいと考えられる。

3.2 判断基準の作成および現地診断結果との比較

健全・接触状態の D16 鉄筋をかぶり 50, 75, 100, 125, 150mm で 30 本ずつ着磁・測定を行い、その平均値および標準偏差から得られる分布を用いて破断の有無の判断基準を作成した。ここで、接触の分布の左側確率を健全の右側確率と接触の左側確率の和で割ったものを破断確率と定義し、破断確率が 5%（破断なし）、50%、95%（破断あり）となる診断指標の値を各かぶりにおいてプロットした。

作成した判断基準上に、北陸地方の橋脚梁下部の鉄筋隅角部 8 箇所で行った片面診断のデータをプロットした図を図 4 に示す。診断後に行ったはつり調査の結果、破断していた鉄筋①については補正ピーク値、最大変化率どちらの指標でも鉄筋状態を正しく診断できているが、鉄筋②から鉄筋⑧までの評価は診断指標ごとに異なる結果となった。現地診断では周囲の鉄筋やセパレータによる影響を受け測定磁束密度のグラフが複雑な形状となることがあるため、実構造物に片面診断を適用する上で複数の診断指標を用いた分析が必要である。

4. 実験結果および考察

- (1) 診断指標の分布は正規分布と対数正規分布で概ね評価できる。
- (2) 亀裂状態鉄筋の診断指標の分布は健全と重なる範囲が広い。
- (3) 実構造物に片面診断を適用する場合、複数の診断指標を用いて評価する必要がある。

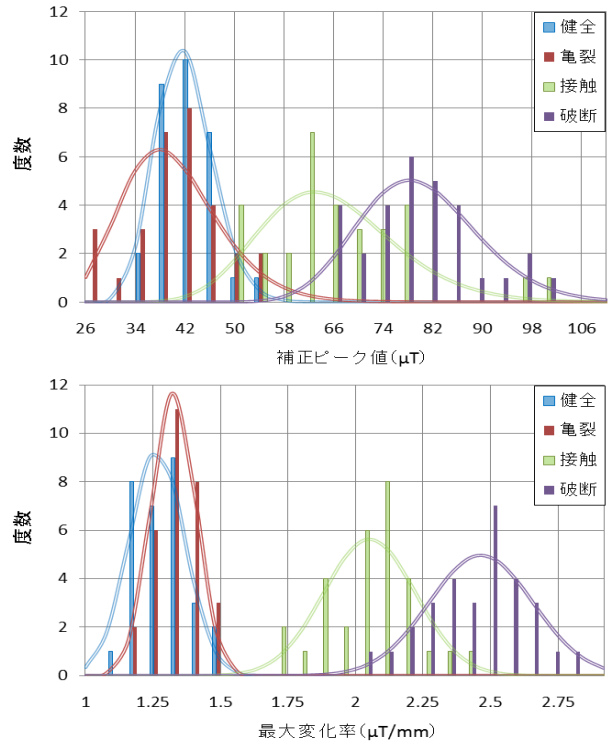


図 3 かぶり 30mm のヒストグラム

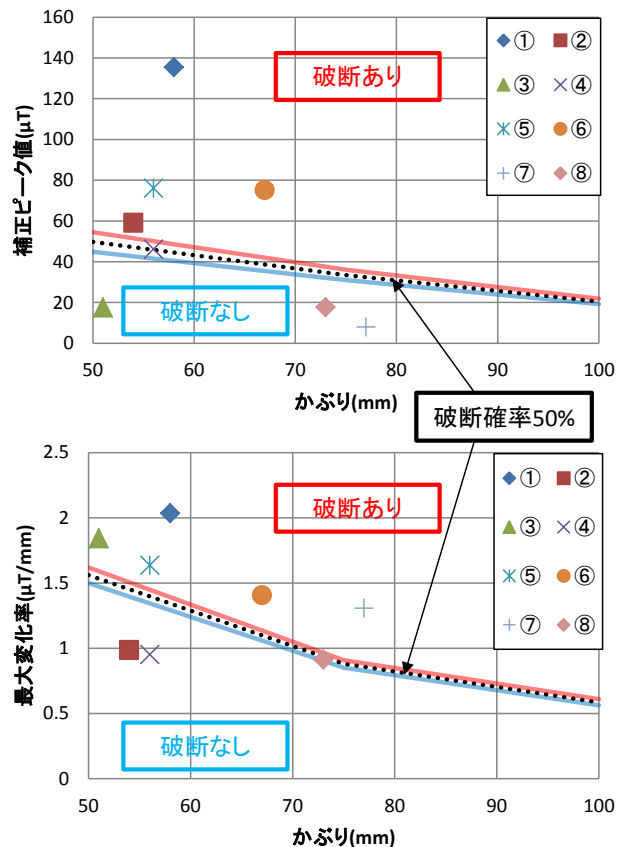


図 4 現地診断結果と判断基準の比較