

磁気法片面診断を用いた鉄筋の亀裂進展度評価に関する研究

京都大学 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 正会員 石川敏之 服部篤史 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鉄筋破断を非破壊で診断する手法の一つに磁気法¹⁾がある。本研究では実験および3次元静磁場解析により、鉄筋破断の初期段階である鉄筋の曲げ加工部内側に亀裂が生じた状態に対し、磁気法片面診断手法を適用した場合の鉄筋の帯磁状況を明らかにするとともに、亀裂鉄筋の検知の可能性について検討した。

2. 研究概要

2.1 実験概要

RC 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。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0mmで固定した。亀裂鉄筋は隅角部の内側から径の25, 50, 75%の切れ目を施した。

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、磁気計測ユニットを隅角部左方500mmから鉄筋直上で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。

2.2 解析概要

亀裂鉄筋の帯磁状況を把握するため、有限要素法による3次元静磁場解析を行った。物性に関しては、コンクリートを非磁性体と見なし、空気(比透磁率 $\mu_r=1$)と同じとした。鉄筋には磁界の強さ H と磁束密度 B の関係におけるヒステリシス特性を考慮し、実験の着磁と同様の磁場を与えた。また、スターラップの曲げ加工部に幅2mmの要素を設け、健全では鉄筋、亀裂では内側の切れ目を空気とした。

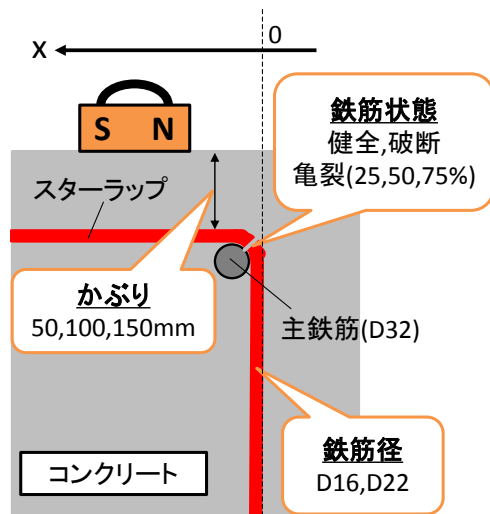


図1 想定した配筋状況

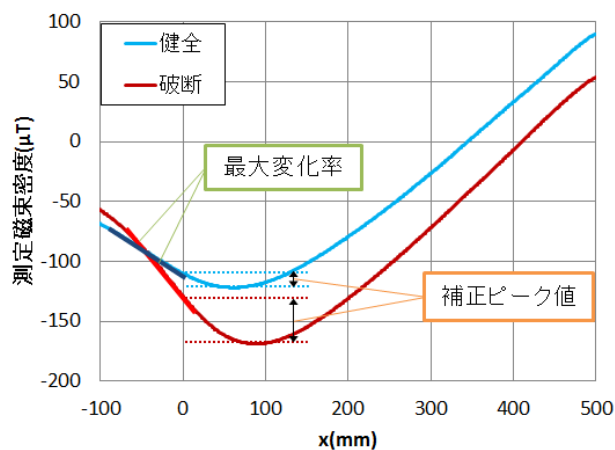


図2 磁束密度測定結果一例

2.3 診断指標

図2に磁気法片面診断の測定結果の一例を示す。破断は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($x=0\text{mm}$)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。

キーワード 磁気法, 片面診断, 鉄筋破断, 亀裂, 非破壊検査, ASR

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 実験結果

診断指標の平均値および標準偏差を健全の値を 1 として図 3 に示す。測定本数は各 5 本である。亀裂 25%では健全よりも値が小さくなるケースもみられ、両者に有意な差はみられなかった。鉄筋径 D16 では亀裂の進展に伴い値が一様に大きくなる傾向がみられ、亀裂 50%で健全よりやや大きな値となった。一方、鉄筋径 D22 では亀裂の進展に伴う一様な変化は明確にはみられなかった。

3.2 解析結果

健全および亀裂 50%の鉄筋内部の磁束密度ベクトルの大きさを図 4 に示す。亀裂 50%では曲げ加工部の外側に磁束が集中していることが分かる。解析の帯磁状況においても、健全と亀裂 50%に差が現れた。ただし、今回の解析では、コンクリート表面相当の磁束密度測定位置の磁束密度分布に基づく診断指標には、健全と亀裂とで僅かな差しか得られなかった。

3.3 亀裂鉄筋検知の可能性

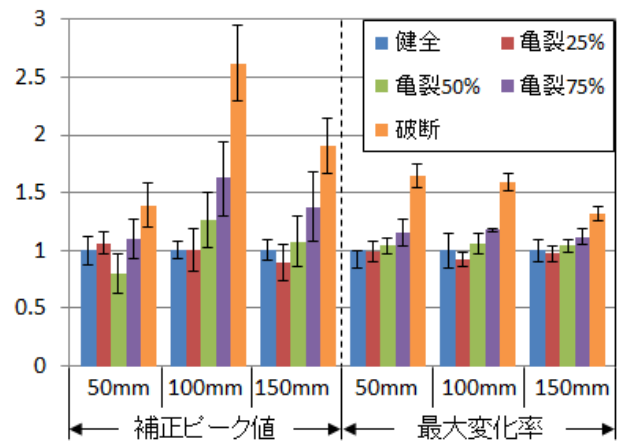
以上より、健全状態から曲げ加工部内側の亀裂の進展に伴い、曲げ加工部内側の破断部の影響が大きくなり診断指標の値が破断に近づく、と考えられる。図 3 より、鉄筋径が D22 の場合および診断指標として最大変化率を用いた場合では健全と亀裂で有意な差は得られなかったが、健全との差が比較的大きくなった鉄筋径 D16、かぶり 100mm 程度、亀裂 50%以上という条件の下で、補正ピーク値を診断指標として用いることで健全と破断の間に亀裂状態の判断基準を設けられる可能性がある。

4. 結論

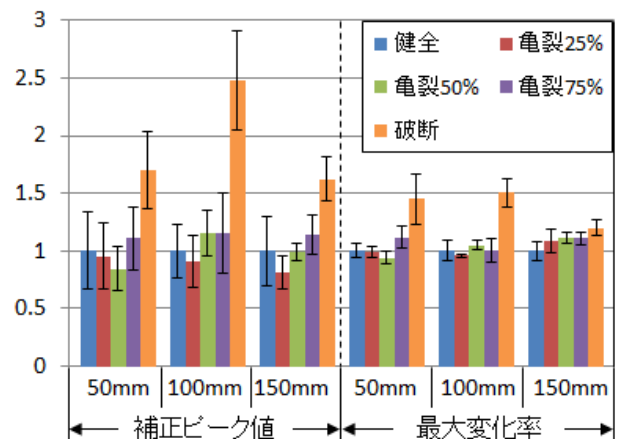
- (1) 鉄筋に径の 25%程度の亀裂がある場合、健全との間に診断指標の有意な差はみられない。
- (2) 亀裂の進展に伴い診断指標の値は大きくなり、亀裂 50%以上では健全と破断の間の値をとる。
- (3) 解析によると、健全と比較して亀裂 50%では曲げ加工部外側に磁束の集中がみられる。
- (4) 鉄筋径が D16、かぶりが 100mm 程度の場合、50%以上進展した亀裂を検知できる可能性がある。

参考文献

- 1) 松田耕作, 廣瀬誠, 前田龍己, 横田優: コンクリートの補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第 6 巻, pp.425-430, 2006.



(a) 鉄筋径 : D16



(b) 鉄筋径 : D22

図 3 鉄筋状態と診断指標の関係 (実験)

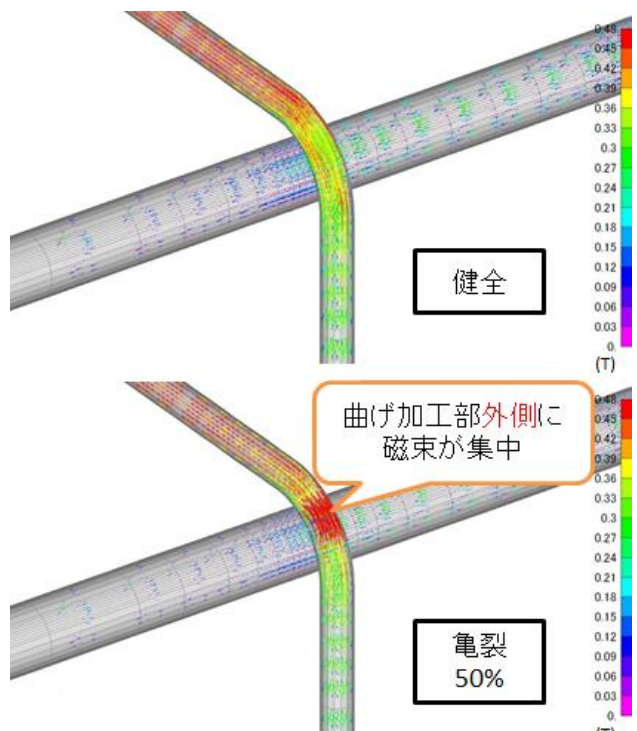


図 4 鉄筋内部の磁束密度ベクトル (D16)