

磁気法片面診断による鉄筋破断の検出に与える鉄筋ピッチの影響に関する FEM 解析

京都大学 学生員○鈴木辰彦 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 服部篤史 石川敏之 河野広隆

1. はじめに

ASR による劣化の進行したコンクリート構造物の隅角部における鉄筋破断の磁気法を用いた片面診断について、複数本の対象鉄筋に対する適用性を、いくつかの診断指標を導入しつつ検討してきた¹⁾。

本報では、既往の研究で用いた通常の着磁方法と、簡易な y 方向（鉄筋横断方向）に磁石ユニットをスライドさせる着磁方法について、複数本の鉄筋間隔の診断への影響を、FEM 解析による鉄筋の帯磁状況をもとに検討した。

2. 解析概要

2.1 解析に用いた配筋モデル

T 型橋脚上に桁が存在している状況を想定し、複数本のスターラップについて、報告の多い梁部の曲げ加工部での破断を対象とした。

スターラップを 3 本並べ、図 1 のような鉄筋配置とした。主鉄筋、スターラップの径はそれぞれ D32、D16、長さは端部の影響が小さくなるようともに 2000 mm とした。スターラップは中央部で曲げ、破断鉄筋の場合はギャップを 2 mm とした。また、かぶりは 78.5 mm とした。

2.2 実験要因

健全鉄筋 2 本(鉄筋 1、3)に挟まれた鉄筋 2 の破断の有無、鉄筋のピッチ(200、300、100 mm)および主鉄筋の有無とした。

2.3 片面診断の手法

通常の着磁方法として、図 1 に示す x、y 座標軸において、鉄筋 1 (y=0 mm) に対して x=-100~600 mm の区間で外場磁石を 1.5 往復させ、これを鉄筋 2、鉄筋 3 に対しても、さらに隣に鉄筋が存在することを想定し鉄筋 3 から y 軸方向に離れた位置においても同様の着磁(整磁)を行った(図 2(a))。

y 方向の着磁として、鉄筋 1 の隅角部直上から整磁位置まで外場磁石を片道方向にスライドさせ 3 本の鉄筋をまとめて着磁を行った(図 2(b))。

磁束密度の測定は、かぶり上の 3 本の鉄筋直上で行うものと仮定し、かぶり面および測定線での垂直方向(z 軸方向)の磁束密度を抽出した。

3. 解析結果および考察

3.1 診断指標

通常の着磁後に測定磁束密度を評価する際、ピーク値(μT)、0 点補正ピーク値(μT)および区間平均変化率極小値(以下、変化率極小値)($\mu\text{T}/\text{mm}$)を用いた。図

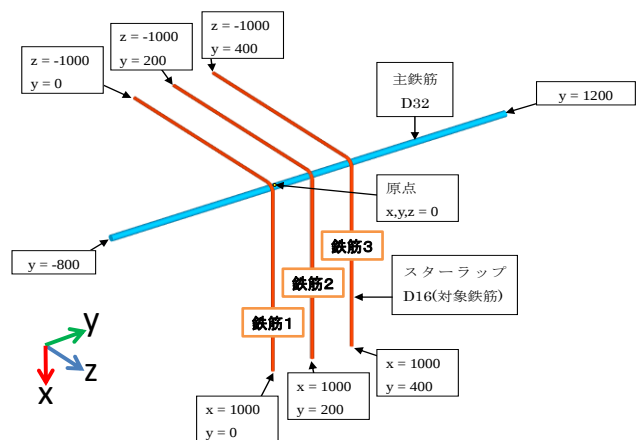
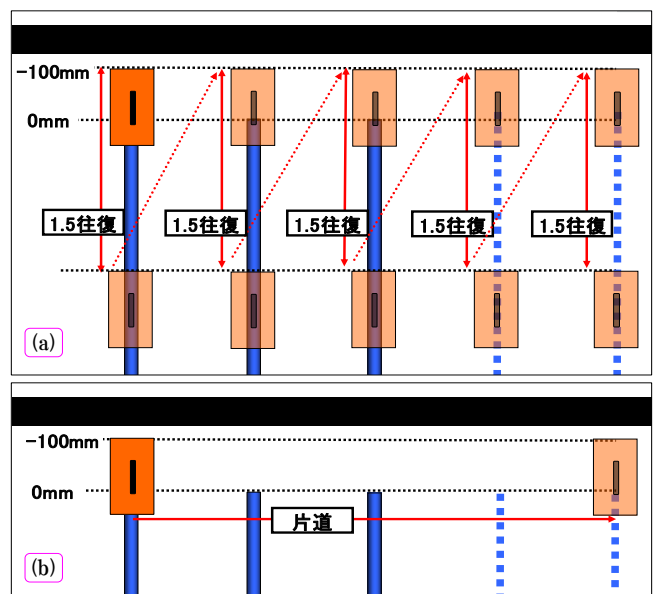


図 1 解析に用いた配筋モデル(鉄筋ピッチ 200 mm)



(a) 通常着磁 (b) y 方向着磁

図 2 着磁方法

キーワード 磁気法, 鉄筋破断, 非破壊検査, ASR, FEM 解析

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

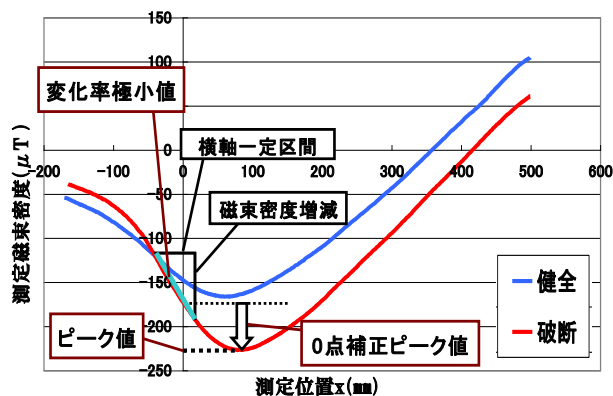


図3 ピーク値、0点補正ピーク位置、変化率極小値

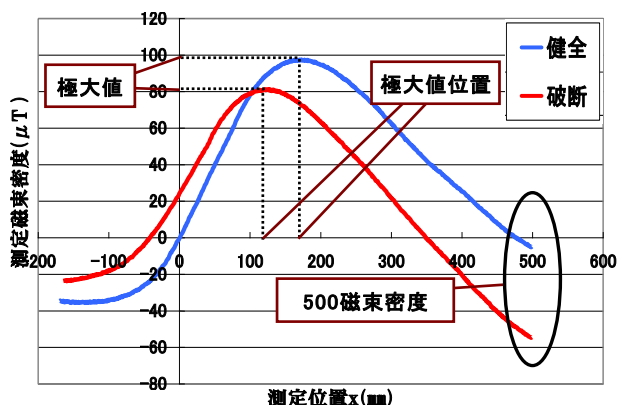


図4 極大値、極大値位置、500 磁束密度

3に測定結果の一例と、これらの診断指標を示す。

y方向の着磁では測定磁束密度の傾向が異なり先述の3つの診断指標が適用できないため、別に極大値(μ T)、極大値位置(mm)および500 磁束密度(μ T)という3つの診断指標で評価した。図4に測定結果の一例と、これらの診断指標を示す。500 磁束密度とは、破断の場合は、極大値から $x=500$ mm付近にかけて、健全時よりも大きく低下する傾向があったため定義した、 $x=500$ mmでの測定磁束密度である。

3.2 鉄筋ピッチの変化に伴う影響要因の考察

図5に解析結果の一部を、かぶり面でのz軸方向の磁束密度分布のコンター図で示す。ピッチ200 mmを基準として見た際に、ピッチの変化に伴い、100 mmまで狭くなった際は、隣り合う鉄筋が互いに持つ磁気が、300 mmの際は、主鉄筋が帯びた磁気が、それぞれ診断に影響を与えるものと考えられる。

3.3 鉄筋ピッチの変化に対する各診断指標の適用性

表1に、鉄筋ピッチの変化に対する各診断指標の適用性を、破断により健全の平均値から標準偏差の何倍離れた値になるかの倍数すなわち正規化距離により

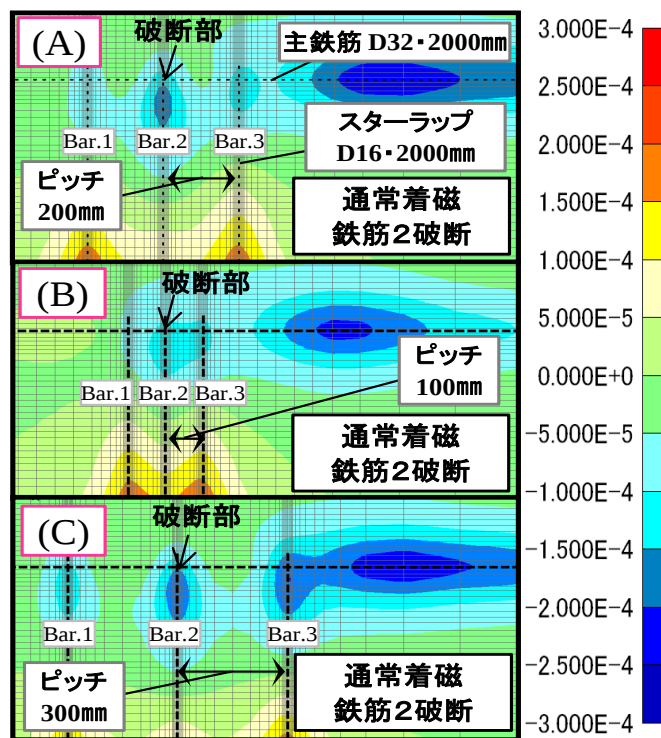


図5 解析結果 (X-Y断面コンター図)

表1 ピッチと各診断指標の適用性

長手方向着磁時	ピーク値	補正ピーク値	変化率極小値
ピッチ100mm	1.77	4.88	3.16
ピッチ200mm	3.51	23.45	6.51
ピッチ300mm	0.50	24.27	2.35

横断方向着磁時	極大値	極大値位置	500磁束密度
ピッチ100mm	1.06	15.21	13.07
ピッチ200mm	4.64	18.99	19.49
ピッチ300mm	2.58	18.99	10.61

評価した結果を示す。値が3以上であれば診断は容易と考えた。通常着磁時は、補正ピーク値を用いた際に最もピッチの影響を受けにくかった。y方向着磁時は、極大値を用いた検出は困難だが、極大値位置、500 磁束密度ではピッチの変化の影響が小さかった。

4. 結論

通常着磁方法と、簡易なy方向の着磁方法について、FEM解析により鉄筋ピッチの影響を明らかにし、正規化距離に基づいていくつかの診断指標の適用性を評価した。鉄筋ピッチの影響を受けるものの、通常着磁では補正ピーク値が、y方向の着磁では500 磁束密度と極大値位置が、それぞれ適用範囲が広い。

参考文献

1) 鈴木辰彦：磁気法片面診断を用いた複数本鉄筋の破断検出の適用性と簡易化に関する研究、土木学会平成24年度全国大会 第67回年次学術講演会 講演概要集、第V部門、2012.9。