

京都大学 学生員 ○永瀬繁幸  
 大阪大学 正会員 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 服部篤史 石川敏之 河野広隆

1. はじめに

コンクリート構造物で問題となる ASR による内部鉄筋の破断に対する非破壊検査技術として漏洩磁束法が挙げられる。コンクリートの材料が持つ磁性の影響に着目し、数種類の細骨材を用いて作製したコンクリートをかぶりとして配置することにより、既往の研究で健全状態の鉄筋に対するコンクリートの影響は検討してきたが、本研究ではさらに破断鉄筋のデータを追加し、診断指標に与える影響を検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体および実験台概要

橋脚梁部のスターラップ（帯鉄筋）の診断を想定した実験を行った。鉄筋は D16 を内半径 35 mm で 90° に曲げ、寸法を 500×900mm の L 字型とし、曲げ部中央で切断した破断面を接触させて配置した。コンクリートの寸法は 100×400×84 mm で、表面から鉄筋までのかぶりが 75mm となるよう溝をつけ、図 1 に示すように鉄筋の長辺上に 3 つ並べてかぶりとした。鉄筋とコンクリートの寸法は予備実験で妥当性を確認した。

コンクリートの材料の持つ磁性は、酸化鉄 (FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等) に依存していると想定し、それらの含有量から算出した鉄分量に着目した。表 1 に文献等を参考にして仮定した各材料の鉄分量の値と、コンクリート全体の推定合計鉄分量の質量%を示す。配合は細骨材の種類をパラメータとし、鉄分量が多いほど磁性は強くなると考え、ASR により劣化した一般的なコンクリートのモデルとして普通細骨材（川砂）を用いた OS コンクリート、弱い磁性を持つコンクリートのモデルとしてフェロニッケルスラグ細骨材を用いた FS コンクリート、極端に大きな磁性を持つコンクリートのモデルとして銅スラグ細骨材を用いた CS コンクリートの 3 種類を打設した。他の材料は共通で上水道水、普通ポルトランドセメント、普通粗骨材（碎石）とした。表 2 に本実験のコンクリート配合表を示す。

2.2 実験方法

コンクリート表面で対象鉄筋直上の軸をとり、鉄筋曲げ部の直上を原点として長辺方向を正とした。着磁方法は漏洩磁束法での操作に従い、軸上の -100mm 地点を着磁開始位置、500mm 地点を着磁終了位置として、磁石ユニットの S 面を正方向に向けて N 面が開始位置→終了位置→開始位置→終了位置となるよう 1.5 往復スライドさせてコンクリートと鉄筋を着磁した後、軸から平行に 300mm 離れた軸上でも同じように磁石ユニットをスライドさせ整磁した。

着磁・整磁終了後、軸上で-100～700mm の範囲の鉛直方向の磁束密度を測定した。次に、コンクリートを外し鉄筋のみの状態でも同範囲を測定した。

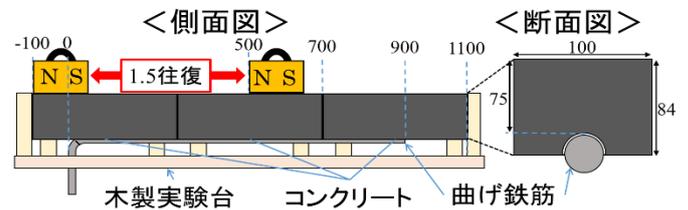


図 1 供試体と実験概要

表 1 材料とコンクリート全体の鉄分量

	鉄分量 (%)				推定合計鉄分量 (%)
	細骨材	粗骨材	水	セメント	
OSコンクリート	1.4	1.4	0	2.1	1.4
FSコンクリート	5.7				3.3
CSコンクリート	28				21

※鉄分量は Fe の質量%

表 2 コンクリート配合表

コンクリート種類	W/C	s/a	W	C	S	G
	%		kg/m <sup>3</sup>			
OS	60	47	175	292	824	936
FS	68	55	240	352	1267	1033
CS	60	66	210	352	1789	935

### 3. 実験結果および考察

#### 3.1 診断指標

図2に既往の研究で用いられている診断指標の取り方を示す。対象鉄筋直上で得られる測定磁束密度のグラフは健全より破断状態のほうが曲げ加工部近傍に現れる磁束のピークの山が高く急峻な傾向を示すため、曲げ加工部を基準としたピークの山の高さを評価した補正ピーク値( $\mu\text{T}$ )、傾きの最大値を評価した最大変化率( $\mu\text{T}/\text{mm}$ )が鉄筋破断診断に有効と考えられている。

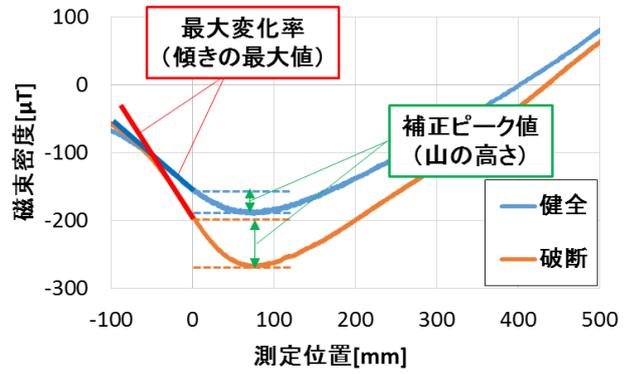


図2 補正ピーク値、最大変化率

#### 3.2 測定結果

図3に鉄筋のみ、および鉄筋+各コンクリートでの測定磁束密度を示す。OSコンクリートとFSコンクリートに関しては、コンクリート自体の帯磁は鉄筋の帯磁に比べてわずかであり、コンクリートの有無でグラフの形状が大きく変わることは無いため、鉄筋のみの場合と同じように診断指標を得ることができる。しかし、鉄分量の多いCSコンクリートはコンクリート自体が強く帯磁しているためグラフ形状が大きく変形しており、診断指標を正確に評価することが困難である。ここで、漏洩磁束法の診断対象として想定される鉄分量はFSコンクリート程度までであると考えられる。以降はOSコンクリートとFSコンクリートに対して検討を進める。

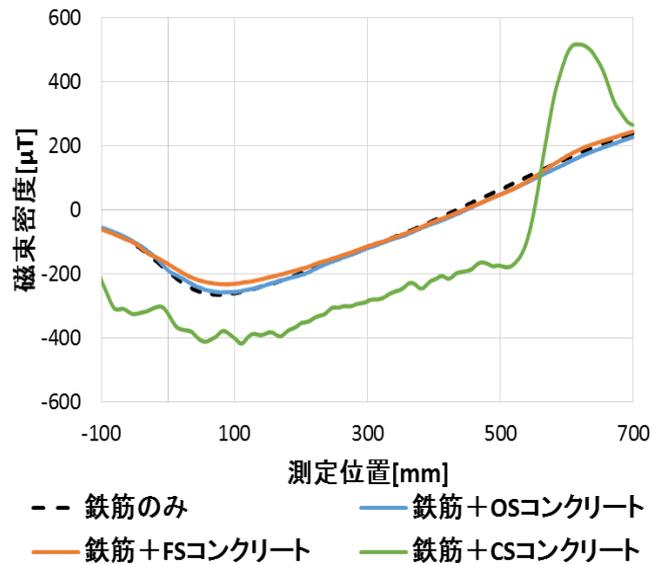


図3 測定磁束密度 (破断)

#### 3.3 診断指標に与える影響

表3に図3の測定磁束密度から算出した補正ピーク値と最大変化率(絶対値)と、各コンクリートによる影響値を健全鉄筋での値<sup>1)</sup>とともに示す。鉄筋のみの場合と比較してコンクリートの影響で診断指標の値は健全・破断によらず小さくなる傾向があり、その影響は鉄筋状態によらず補正ピーク値では最大で $-20\mu\text{T}$ 程度、最大変化率では最大で $-0.3\mu\text{T}/\text{mm}$ 程度となった。鉄筋のみの場合、健全状態と破断状態の診断指標の差は、補正ピーク値で $40\mu\text{T}$ 程度、最大変化率で $0.6\mu\text{T}/\text{mm}$ 程度となっており、コンクリートの影響はこれらの値の半分程度であるため、コンクリートの存在により診断結果が左右されない。

表3 コンクリートが診断指標に与える影響

	補正ピーク値	コンクリートによる影響	最大変化率	コンクリートによる影響
	[ $\mu\text{T}$ ]		[ $\mu\text{T}/\text{mm}$ ]	
健全鉄筋	46.5		1.18	
健全鉄筋+OSコンクリート	38.4	-8.1	1.22	0.04
健全鉄筋+FSコンクリート	33.9	-12.6	1.01	-0.17
破断鉄筋	78.7		1.77	
破断鉄筋+OSコンクリート	71.5	-7.2	2.02	0.25
破断鉄筋+FSコンクリート	66.6	-12.1	1.45	-0.32

#### 4. 結論

- (1) 診断対象の構造物として想定される範囲の鉄分量では、コンクリートが持つ磁性は鉄筋に比べて十分に小さく、従来と同じ診断指標をとることができる。
- (2) コンクリートは鉄分量により漏洩磁束法による鉄筋破断に用いる診断指標の値に健全・破断ともに同程度の影響を与えるが、診断対象として想定される範囲の鉄分量ではその影響により診断結果が左右されることは無い。

#### 参考文献

- 1) 永瀬繁幸, 寺澤広基, 廣瀬誠, 石川敏之, 服部篤史, 河野広隆: コンクリート自体の磁性が漏洩磁束法による鉄筋破断の診断指標に与える影響, 土木学会平成26年度全国大会第69回年次学術講演会講演概要集, pp.169-170, 2014.9