

3軸磁気センサ型漏洩磁束法によるPC素線の腐食破断検知特性に関する実験的研究

琉球大学 ○田邊優子 下里哲弘 垣花寿

1. はじめに

PC 桁では、塩害によりコンクリート内部のPC 鋼材が腐食し破断することでPC 桁の耐力低下が問題視されている。また、破断箇所の特定を行う場合は、はつりなどで実際に構造物を破壊するとコストや工期がかかるというデメリットがある。非破壊検査によってPC 鋼材の破断箇所の特定ができれば合理的かつ効果的にコンクリート構造物の維持管理が可能となる。そこで、本研究では非破壊検査として3軸の磁気センサを使った漏洩磁束法に着目し、PC 鋼材の素線破断本数の違いによる破断検知について検討を行った。

2. 破断本数の違いによる漏洩磁束応答の基礎実験

2.1 漏洩磁束法

漏洩磁束法はPC 鋼材や鉄筋が強磁性体であることを利用した非破壊検査である。使用する機器は、磁石ユニットと磁気計測装置である。計測装置の計測範囲は幅160mm×長さ530mmで、磁気センサが5つ、赤、黄、緑、青、紫の順に40mm間隔で設置されている。漏洩磁束法の原理は、磁石により磁化した鋼材の磁束を磁気センサで捉えて、破断を検知するものである。鋼材が破断している箇所では磁束に局所的な変化が生じる。本研究では、S極を下向きにして左から右に着磁を行った(写真2)。着磁後の健全波形と破断波形、スターラップによる波形を図1に示す。本研究では特徴的な波形を示すZ軸とX軸に着目して、破断検知を行った。

2.2 実験方法

スターラップのPC 鋼材の配置を写真1に示す。スターラップありでは、実際の桁を模してPC 鋼材を6本並べた。スターラップは直径10mmである。劣化桁では、桁下面の隅角部に位置するPC 鋼材から腐食することが多いため、破断鋼材を1の位置に設置した。計測する際は、装置の中央である26cmに破断箇所を合わせ、赤いセンサラインが破断鋼材上になるように配置した。実験状況を写真2に示す。着磁する際は、PC 鋼材の上に合板を置くことかぶりの厚さ45mm程度を考慮した。磁石ユニットは合板上を移動させて鋼材を着磁した後計測を行った。

2.3 実験パラメータ

素線破断本数1~7本が各軸の磁束密度に与える影響を検討する。なお、ここでは2,7本の結果を示す。

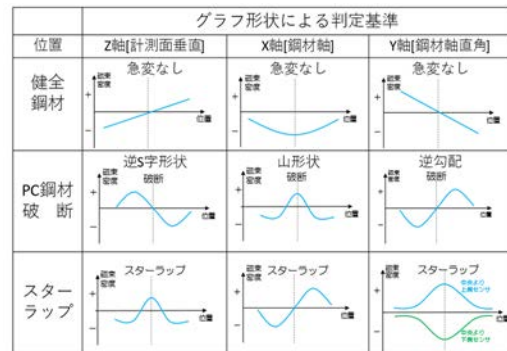


図1 グラフによる判定基準

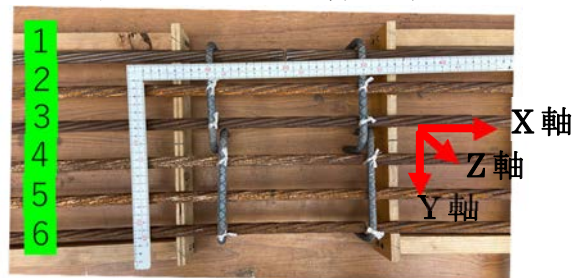


写真1 PC鋼材(スターラップあり)

着磁の様子
(磁石ユニット)計測の様子
(計測装置)

写真2 実験状況

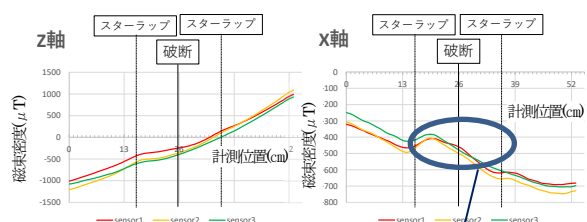


図2 素線2本破断

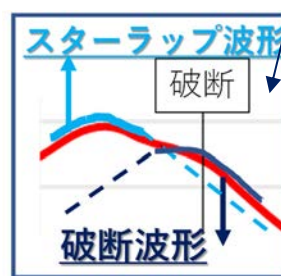


図3 素線2本破断 X軸破断箇所

キーワード PC 鋼材, 漏洩磁束法, 腐食破断

連絡先 琉球大学工学部工学科社会基盤デザインコース (〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町千原1番地)

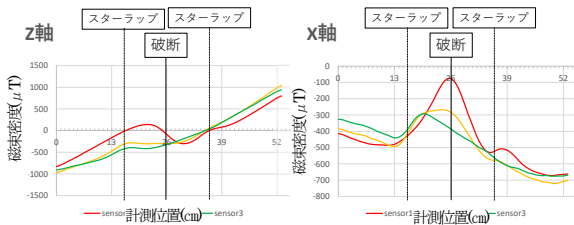


図4 素線7本破断

2.4 実験結果

破断箇所上である赤センサとその近傍である黄センサと緑センサに着目する。

素線2本破断のZ軸とX軸の波形を図2に示す。Z軸では破断波形が見られなかった。X軸では赤センサ26 cmの位置で小さな山形状になっておりスターラップ波形と破断波形の重ね合わせであることが予想される(図3)。そのためX軸のみ破断検知可能であった。

素線7本破断のZ軸、X軸の波形を図4に示す。Z軸、X軸では破断箇所である赤センサ26 cmで破断波形が確認できた。

3. 実桁における破断検知の検証

沖縄県内で激しい塩害環境により撤去されたPC桁に対して、3軸磁気センサを用いて計測を行った(写真3)。また計測後12箇所をはつり、内部のPC鋼材の腐食状態及び、破断状況を調査した。その結果の一例であるはつり前の桁下面を写真4、はつり後の桁下面PC鋼材の写真5に示す。Aの箇所は破断箇所でありPC鋼材の上から3本目の左から16 cmの位置で素線は1本破断であった(写真6)。計測結果のX軸を図5に示す。破断箇所の対象センサは赤センサである。2章の基礎実験のデータの分析をふまえ、X軸でスターラップ波形と破断波形の重ね合わせと考えられた赤センサ16 cmの箇所を破断と予測した(図6)。はつり後の調査における破断箇所と、破断予測箇所が同じであった。なお、他のはつり箇所においては予測と結果が異なるケースもあり、今後その原因究明を予定している。

4. まとめ

本研究では3軸の磁気センサを使った漏洩磁束法を用いて、PC鋼線の破断本数検知について検討を行った。本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) スターラップありにおいて、素線の破断は検知可能であり、本実験では、PC鋼線2本以上の破断で検知可能であった。
- 2) 塩害劣化で撤去されたPC桁でも破断検知が可能なケースがあった。

今後は、スターラップと破断箇所の位置関係や、スターラップの直径の大きさの違いによる磁束密度への影響についての検討を行い実桁での破断検知の精度向上を課題とする。



写真3 実劣化PC桁での計測状況

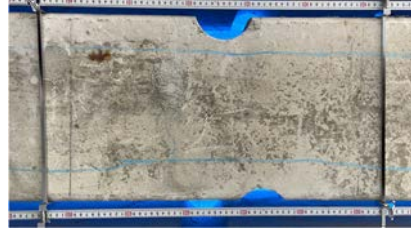


写真4 はつり前桁下面



写真5 はつり後桁下面(A:破断箇所)



写真6 破断箇所A(素線1本破断)

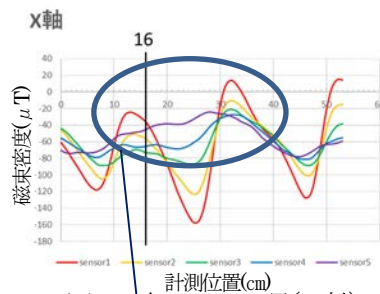


図5 実桁計測結果(X軸)

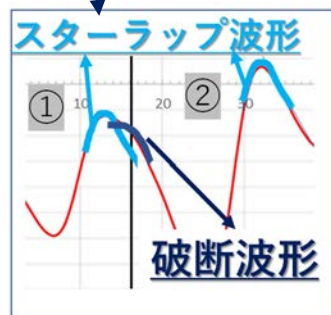


図6 破断箇所拡大波形