

【一般報告】空港コンクリート舗装への漏洩磁束法適用の基礎的実験の報告

コニカミノルタ株式会社技術開発本部 システム技術開発センター
AI センシング開発部第1グループ 新山 将史

1. はじめに

コンクリート構造物には PC 鋼材や鉄筋、ダウエルバーなどの鋼材が用いられる事がある。これらの鋼材は塩害や ASR が進行することで破断する場合があります、性能に大きな影響を与えるが、外観から破断箇所を特定することは難しい。磁気を用いた非破壊検査技術「漏洩磁束法」は、プレテンション桁内部の PC 鋼材の破断を検知した例があるが、コンクリート舗装内部の PC 鋼材や鉄筋への適用可否の確認はできていなかった。本報告では、空港舗装における「PC プレキャスト舗装内部の PC 鋼材」「連続鉄筋コンクリート舗装内部の鉄筋」を想定したモデルを用いた実験結果と考察を行った。

2. 計測装置と漏洩磁束法の計測原理

計測装置は、コニカミノルタ社製の 3 軸磁気計測装置を使用する。本機器には、3 軸磁気センサが長軸方向 53cm に 1cm 間隔、短軸方向 16cm に 4cm 間隔で上下 2 段に内蔵されている (図-1 参照)。1 回の計測で 16cm×53cm の面の磁気計測を行い、計測結果を波形にして確認することが可能である。

漏洩磁束法は、コンクリート構造物の計測面に磁石を接触させて、計測対象に沿って移動させることで、内部の鉄筋および PC 鋼材に磁気を帯びさせ (着磁)、鋼材から漏洩する磁束を計測し、破断部に生じる磁場変化の有無を捉える方法である。本実験の着磁は S 極側を計測装置の起点 (0cm) 側から終点 (53cm) 側に移動させて行った。この時の着磁の様子を図-2 示す。

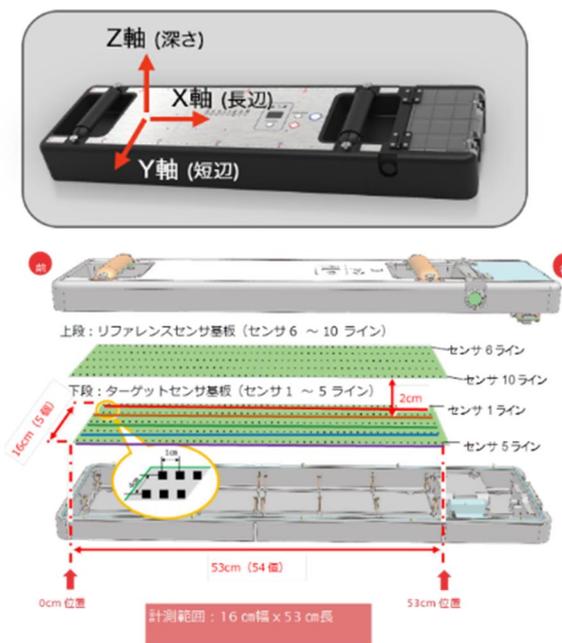


図-1 計測装置概要

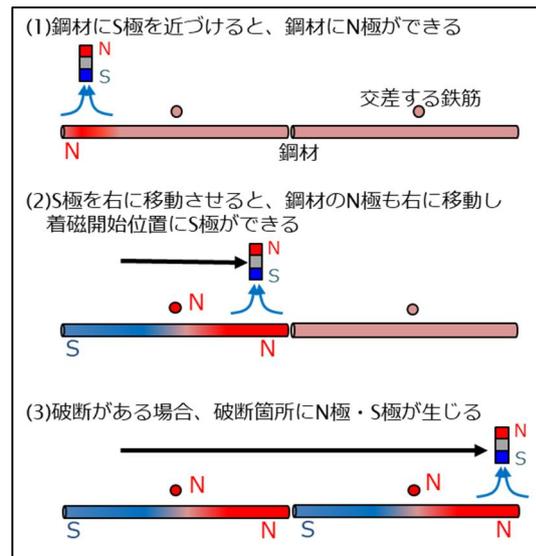


図-2 本実験における着磁

内部鋼材に破断がある場合には、破断箇所に N 極と S 極が生じ、深さ方向の磁束密度の波形は「N 極を示す上凸」から「S 極を示す下凸」に変化することで逆 S 字型を、長辺方向の波形は上向きの凸を示す。

これらの特徴を持つ図-3 のような波形の変化から、破断の有無を判定する。

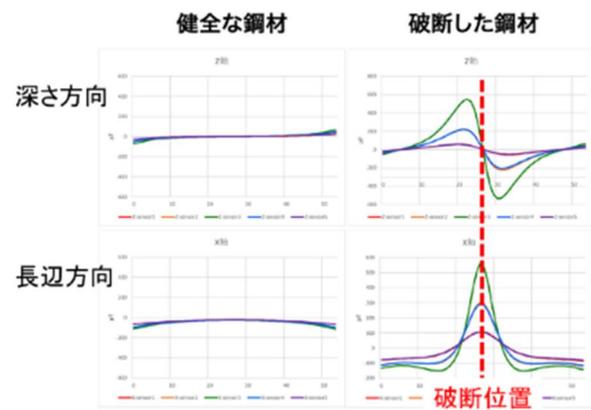


図-3 典型的な破断波形

3. 実験結果

3.1 実験に用いたモデル

磁気計測ではコンクリートや水などの非磁性体による影響は無視できるため、実験では PC 鋼材・鉄筋を、かぶり厚さを想定した位置から計測した。

PC 鋼材・鉄筋の位置は「空港土木施設設計要領（舗装設計編）」（平成 31 年 4 月版）を参考にモデルを作成した。計測の際には、計測対象の PC 鋼材・鉄筋に対して、計測装置を短辺方向の中心位置において長辺方向と平行になるように設置し、破断がない場合と、計測範囲の中央（計測装置の起点から 26.5cm 位置）を破断させた場合との計測を行った。

3.2 連続鉄筋コンクリートモデルでの実験条件

図-4 に示すように D16 と D13 の鉄筋を組み合わせたモデルを用いた。D16 はかぶり 11.5cm、鋼材間隔 12.5cm、D13 は D16 の下に接触する位置に、鋼材間隔 41cm で配置した。①～③は D16 を、④～⑥は D13 を対象に計測した。①と⑥は計測対象の鉄筋が、直交する鉄筋と交差しない部分、②と④は D16 の継手部分において D16 と D13 が交差する部分、③と⑤は D16 と D13

が交差する部分について、破断がある場合とない場合の計測を行った。結果を表 1 にとりまとめる。

表 1 計測結果（深さ方向）

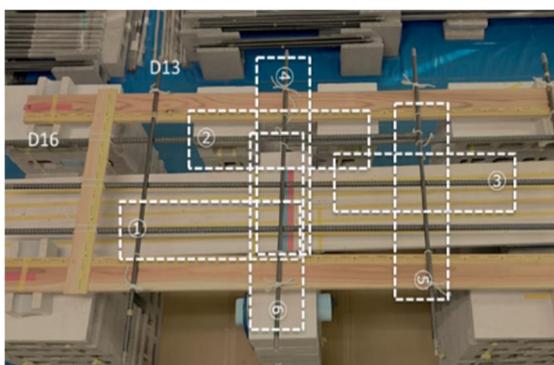


図-4 連続鉄筋コンクリートモデル

	◎判定容易 △判定困難 ×判定不可	健全	破断
①	◎		
②	◎		
③	◎		
④	◎		
⑤	△		
⑥	△		

3.3 連続鉄筋コンクリートモデル実験の結果と考察及び計測方法の改善

表1の①②③に示す通りD16の鉄筋の破断はどの条件でも判定可能であったが、D13の鉄筋は「④⑤⑥破断」の判定が出来なかった。これは、径の太いD16から漏洩する磁気が強く現れ、D13の磁気信号が捉えにくくなったためと考えられる。そこで、磁石のS極を計測の終点から起点に向けて動かす逆方向の着磁（逆着磁）を行い、「通常の着磁」（正着磁）との差分（正逆差）をとることでD13の信号の強調を試みた。（図-5）

その結果正逆差をとることで、本実験の全てのパターンにおいて鉄筋の状態を正しく判定出来ることがわかった。また、もともと判定出来ていた信号についても、交差する鉄筋の影響がなくなることで、より明確な信号を得られた。

表2 正逆差結果（深さ方向）

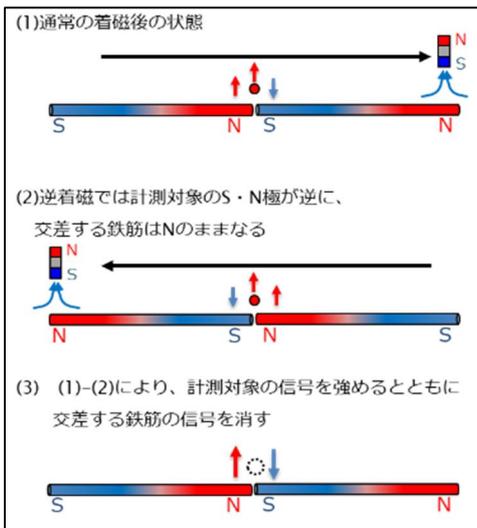


図-5 逆着磁と正逆差

	◎判定容易 △判定困難 ×判定不可	健全	破断
①	◎		
②	◎		
③	◎		
④	◎		
⑤	◎		
⑥	◎		

3.4 PCプレキャスト舗装モデルでの実験条件

φ23の鋼棒と、φ12.7の7本撚り線を組み合わせたモデルを用いた（図-6）。Φ12.7の7本撚り線はかぶり深さ8cm、鋼材間隔58.8cmに、Φ23の鋼棒はかぶり9cm、鋼材間隔50cmに配置した。①②はφ12.7撚り線を、③④はφ23鋼棒を対象に計測した。①④は計測対象の撚り線または鋼棒が、直交する鉄筋と交差しない部分、②と③は計測対象の撚り線または鋼棒が、直交する鉄筋と交差する部分について、破断がある場合とない場合の計測を行った。①②のΦ12.7撚り線の破断については、破断する素線の本数と信号強度に関係があると思われたので、素線を1本ずつ破断させて計測を行った（図-7）。結果を表3に取りまとめる。

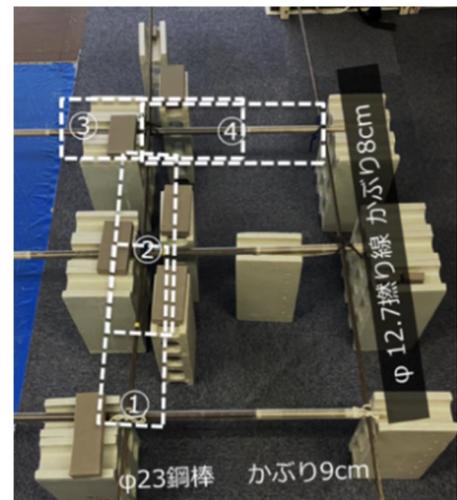


図-6 PCプレキャスト舗装モデル

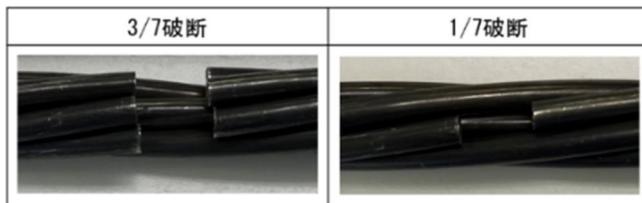


図-7 素線破断させたφ12.7撚り線

3.5 PCプレキャスト舗装モデル実験の結果と考察及び正逆差での確認

表3に示す通り①④はどの条件でも判定可能であったが、②については全破断で判定可能、破断した撚り線が3本の時に信号が弱く判定が困難となり、破断した撚り線が1本の時には判定が出来なかった。破断する素線の数が少なくなることで、破断部に生じる変化が小さくなると考えられる。③は破断時の信号が弱く、判定が困難であった。これは③の破断部分の真上にあるφ12.7撚り線の信号により、φ23鋼棒の破断信号が捉えにくくなったためと考えられる。そこで「3.3」と同様に、正逆差による判定を試みたところ、表4の通り全ての条件で破断の判定が可能となった。

表3 計測結果（深さ方向）

◎判定可能 △判定困難 ×判定不可	健全	全破断	3/7破断	1/7破断
①				
②				
③			鋼棒のため対象外	
④				

表4 正逆差との比較（深さ方向）

◎判定可能 △判定困難 ×判定不可	通常着磁	正逆差
②3/7破断		
②1/7破断		
③全破断		

4. まとめ

通常の漏洩磁束法では、鉄筋やPC鋼材が交差している部分や素線の破断の判定が困難な場合があったが、正逆差で確認することにより、今回計測したどの条件でも破断が判定できる事が分かった。正確な判定が必要なケースにおいては、正逆差を取れる方法での計測を行うことが有効と思われる。今後は、モデル実験ではなく、実際の舗装における実証実験による性能確認を行っていきたい。

参考文献

- 1) 新山他：旧弁天大橋におけるPC鋼材の破断検出-漏洩磁束を用いた非破壊検査-, プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 30th, pp409-412, 2021