

## 漏洩磁束法を用いた実橋調査

(株) 高速道路総合技術研究所 正会員 工修 ○萩原 直樹

(株) 高速道路総合技術研究所 正会員 工修 広瀬 剛

(株) 四国総合研究所 正会員 工博 廣瀬 誠

(株) 四国総合研究所 木村 美紀

キーワード：漏洩磁束法，PC 鋼材破断，非破壊検査，ポストテンション PC 橋

## 1. はじめに

既設プレストレストコンクリート橋（以下、PC橋という。）では、建設当時のグラウト材料の特性やグラウト充填技術の未熟さに起因するグラウト充填不足が問題となっている。NEXCOにおける約300橋のPC橋を対象としたグラウト充填調査では、約3割近くでグラウト充填不足が確認され、これに起因してPC鋼材が破断した事例もある。

PC橋を維持管理していく上でPC鋼材の腐食・破断状況を把握することは、耐久性や安全性の評価を実施するにあたり非常に重要なことであり、これを調査する技術の早期確立が求められている。

筆者らは、これまでに実験・実橋調査により、漏洩磁束法（Magnetic Flux Leakage Method）（以下、MFLという。）を用いた非破壊検査によってPC鋼材の破断が評価できることを明らかにし<sup>1) 2)</sup>、その適用の範囲を示してきた<sup>3)</sup>。実橋調査では、主にポストテンションT桁橋について実施してきた。本報告では、漏洩磁束法の普及を目的にさまざまな橋梁形式や部位に適用した実橋調査結果について報告する。

## 2. 漏洩磁束法の原理

MFLは、PC鋼材が強磁性体であることを利用し、コンクリート表面から磁石により内部のPC鋼材を着磁し、磁化されたPC鋼材から発生する漏洩磁束を測定することにより、鋼材の破断の有無を診断する調査手法である。鋼材が健全である場合、鋼材の着磁範囲のほぼ両端がそれぞれS極・N極となるため、図-1 (a) に示すように測定範囲でほぼ一定の勾配をもつ磁束密度波形が得られる。一方、鋼材が破断している場合は、図-1 (b) に示すように破断箇所前後の位置でS極・N極の連続した凹凸をもつ波形（S字波形）が得られるため、鋼材の破断状況を直接的に評価可能な非破壊検査技術である。

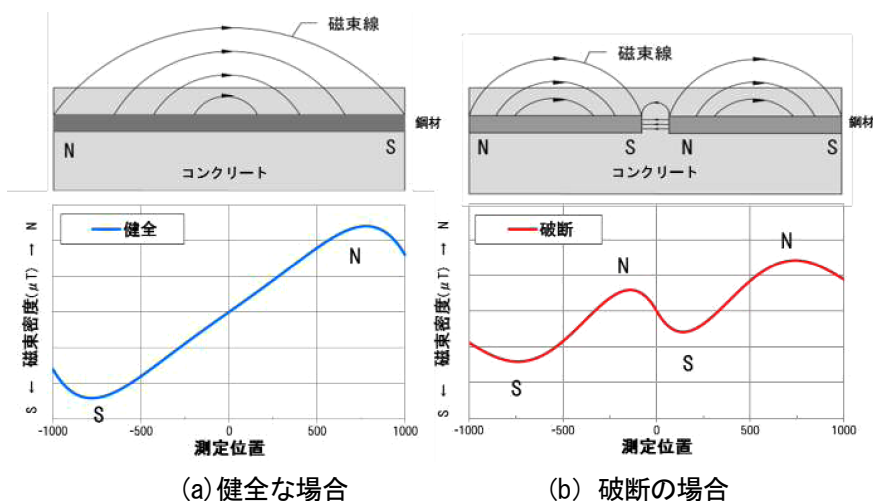


図-1 測定原理のイメージ

### 3. 調査概要

#### 3.1 調査対象橋梁

今回調査した橋梁の概要を表-1、その調査箇所を図-2、図-3、劣化状況を写真-1、写真-2に示す。これまでに、ポストテンションT桁の調査実績はあったが、PC箱桁やPC連続合成桁の調査は今回が初めての試みである。

A橋は、凍結防止剤の散布はそれほど多くないものの（累計凍結防止剤散布量250t程度）、グラウトホースを集約して地覆部に配置していたことから、伝い水による水しみが桁内に確認されている。下床版ケーブルは、定着体位置でPC鋼棒の突出が確認されており、PC鋼材の破断が疑われる橋梁である。ウェブケーブル調査位置においても水しみ痕が確認されているが、削孔調査の結果、その位置での破断は確認されていない。

B橋は、冬季には凍結防止剤が散布される環境（累計凍結防止剤散布量900t程度）にあるPC連続合成桁であり、これまでに1次床版部において繰り返しポットホールが発生していた。数年前に床版の部分打換えを実施し、1次床版ケーブルの破断が確認されていた。

表-1 調査橋梁の概要

|                     | A橋                                     | B橋                     |
|---------------------|----------------------------------------|------------------------|
| 橋梁形式                | PC3径間連続ラーメン箱桁                          | PC連続合成桁                |
| 調査箇所                | 下床版内ケーブル<br>ウェブ内ケーブル                   | 1次床版ケーブル               |
| PC鋼材種類              | PC鋼棒 $\phi 32$                         | PC鋼線 $12\phi 7$        |
| PC鋼材かぶり<br>(鋼材中心まで) | 下床版：185mm (完成図より)<br>ウェブ：110mm (完成図より) | 1次床版：160mm<br>(現地計測結果) |
| 供用年度                | 平成2年                                   | 昭和56年                  |

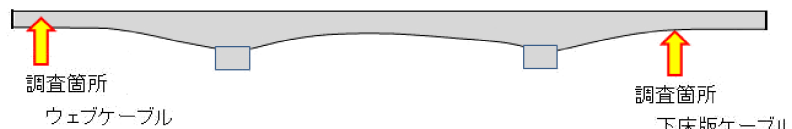


図-2 A橋調査箇所



写真-1 A橋箱桁内の水しみ状況



図-3 B橋調査箇所



写真-2 B橋PC鋼材破断状況

#### 3.2 調査手順

調査手順は以下のとおりである。A橋の調査状況を写真-3に示す。

- ①PC鋼材位置、鉄筋位置の野書き。
- ②磁石ユニットを検査対象のPC鋼材上のコンクリート表面を橋軸方向に1往復滑らせコンクリート内の鋼材



を着磁。これを、所定の間隔で実施。

③磁気計測ユニットを着磁した鋼材直上のコンクリート表面で、鋼材毎に橋軸方向に動かしながら、コンクリート表面における磁束密度を計測。

④測定データの考察、破断判定。



写真-3 調査状況 (A橋ウェブ部)

## 4. 調査結果

### 4.1 A橋 (下床版ケーブル) の調査結果

図-4にA橋の下床版ケーブルの磁束密度分布図と調査箇所の配筋図を示す。2400 mm付近と 3100 mm付近に連続したS字波形が見られる。しかし、調査対象以外のPC鋼材にも同様のS字波形が見られる。このため、ブロック境界部近傍のこれら一様のS字波形の出現については、明らかな健全波形とは言えないが、配筋図と照合するとブロック境界および継手部近傍であることが分かる。S字波形出現の原因としては、継手の影響、ブロック境界部のひび割れ防止筋や定着体鉄筋による過密鉄筋の影響が考えられる。定着体位置においてPC鋼棒の突出が確認されているが、今回の調査範囲においては、破断と断定できるS字波形は検出されなかった。

### 4.2 A橋 (ウェブケーブル) の調査結果

図-5にA橋のウェブケーブルの磁束密度分布図と調査箇所の配筋図を示す。ウェブケーブルでは、一様な右肩上がりの磁束密度分布であり、PC鋼材は健全であると推察できる。ほぼ同間隔おきに見られる等間隔の小刻みな波形は、コンクリート表面側の鉄筋の影響である。

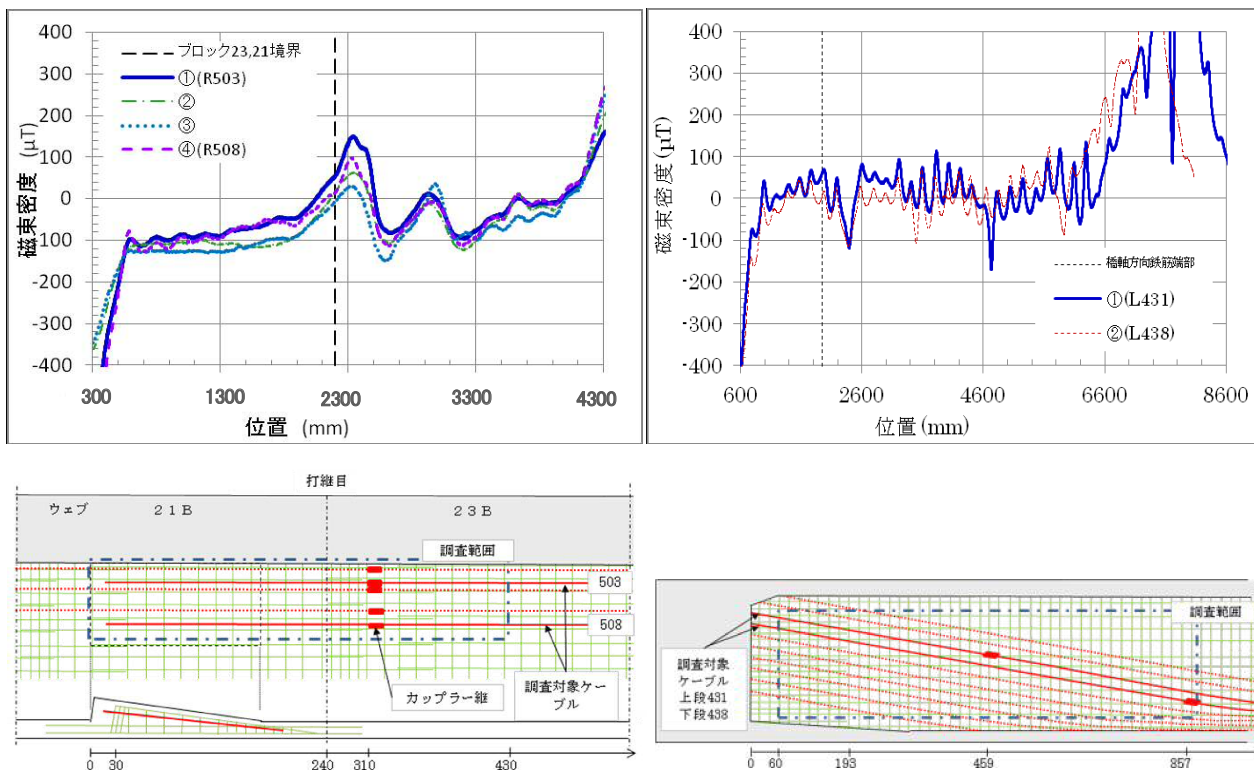


図-4 下床版ケーブル

(上段：磁束密度分布、下段：配筋図)

図-5 ウェブケーブル

(上段：磁束密度分布、下段：配筋図)

### 4.3 B橋（1次床版ケーブル）の調査結果

図-6にB橋の1次床版ケーブル③と④の磁束密度分布と調査箇所の配筋図を示す。ケーブル③において、約-340mmで+側のピーク、約0mmで一側のピークをもつS字波形が検出され、PC鋼材の破断が確認された。また、約-170mmの単峰形の山は、鉄筋探索結果からかぶりの比較的浅い位置にある直角方向鉄筋の影響と考えられる。

ケーブル④では、約-380mmに+側、約0mmに一側のピークを持つS字波形のようにも見受けられる波形が検出された。しかし、本橋においては、隣接するケーブル③が破断していることによる影響およびPC鋼線の部分的破断によりS字波形が不明瞭となったのか、現時点の測定波形からでは破断とは断定できない。

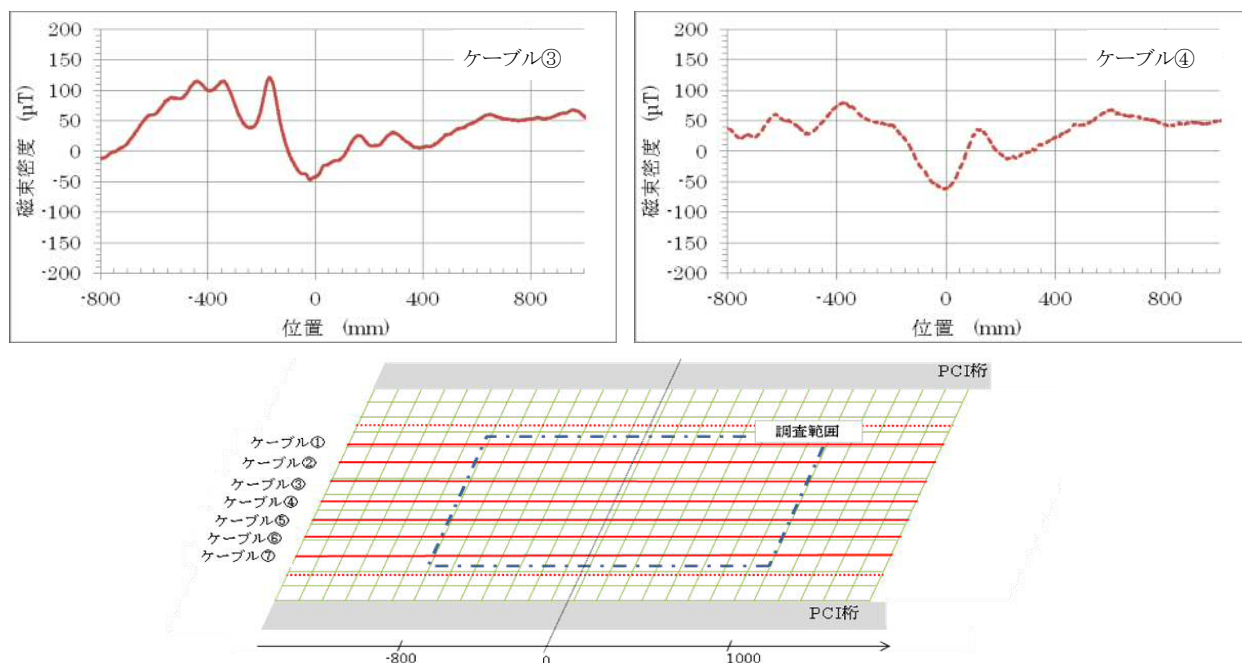


図-6 1次床版ケーブル（上段：磁束密度分布、下段：配筋図）

### 5. おわりに

本調査において、初めて箱桁やPC連続合成桁におけるMFLを用いたPC鋼材破断調査を実施し、以下のことが確認できた。

- ・2橋の調査結果より、下床版ケーブルやウェブケーブル、床版内ケーブルであっても、適用範囲内であれば調査可能である。
- ・A橋の調査結果より、ブロック継目部などの過密鉄筋位置で、S字波形を示す。

今後、再調査などによるブロック継目のS字波形の出現原因の究明を実施予定である。また、B橋においては、解体調査を実施し、調査結果との整合確認を実施予定である。

### 参考文献

- 1) 廣瀬誠，青木圭一，宮川豊章：漏洩磁束法によるポストテンション実橋におけるPC鋼材破断調査，第23回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，2014.10
- 2) 横山貴士，青木圭一，宮永憲一，廣瀬誠：漏洩磁束法によるPC鋼材破断測定実験，第23回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，2014.10
- 3) 萩原直樹，宮永憲一，青木圭一：実験による漏洩磁束法の適用性検証，第24回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，2015.10