

漏洩磁束法による各種PC実構造物のPC鋼材破断非破壊調査

I N R E M (同) 正会員 博(工) ○廣瀬 誠
 I N R E M (同) 木村 美紀
 京都大学 正会員 工博 宮川 豊章

Abstract : Securing the soundness of PC steel materials is important for long-term operations of PC structures. In the present conditions that corrosion and fracture of PC steel inside of existing structures appear in, it is desirable to confirm the presence or absence of PC steel fracture, and to take early measures if there is fracture. There is a magnetic flux leakage method (MFL) as a method which can nondestructively inspect PC steel fracture. MFL is an inspection method which has been reported on experiments and actual structure investigations so far, as a nondestructive investigation method for PC steel fracture inside of PC structures and steel bar fracture inside of ASR deterioration structures. This report describes investigation examples applying the MFL to various PC structures such as post-tensioned T-girder bridges, box girder bridges, and unbonded PC farm ponds (PC tanks).

Key words : Magnetic flux leakage method , Post-tensioned PC steel materials , Fracture

1. はじめに

PC鋼材の健全性を確保することは、PC構造物を長期供用する上で重要である。既設構造物のPC鋼材の腐食、破断が散見される現状においては、PC鋼材の破断の有無を確認し、破断がある場合には早期の対策を行うことが望まれる。PC鋼材の破断を非破壊で検査できる手法には、漏洩磁束法 (Magnetic flux leakage method ; MFL) がある。MFLについては、PC構造物のPC鋼材の破断やASR劣化構造物での鉄筋破断の非破壊調査法として、これまでに実験や実構造物調査についての報告がされている検査法である^{1)~5)}。

本報告では、このMFLをポストテンション方式のT桁橋、箱桁橋、およびアンボンド工法のファームポンド (PCタンク) といった各種実構造物に適用した調査例を報告する。

2. 実構造物の調査

2.1 PCT桁橋

調査対象は、海岸線近傍の河川にかかる桁長30mのPCT桁5主桁における下フランジ部最下面側の5本のPC鋼線12φ7である。下面側よりコンクリート内の鋼材を着磁、コンクリート表面において磁束密度測定を実施した。着磁、測定は、橋軸方向に約23mの長さを区切らずに行った。また、測定では写真-1のように50mm間隔で11個の磁気センサーを搭載したマルチセンサー型の磁気計測装置を用いて桁幅を1度に測定した。

海側から2つ目の主桁の支間中央部の磁束密度分布を図-1と図-2に示す。図-2は、桁の下フランジ部下面を下から見た磁束密度コンターに、PC鋼材位置 (設計位置) とスターラップ位置 (鉄筋探査結果) を重ねたものである。図-1は、最下面側の5本のPC鋼線の内の最山側のPC鋼材位置の測定結果のみを波形で表したものである。

図-1の橋軸方向位置が約-180mm, 330mm, 1645mmにおいて、その左で磁束密度が大きな値 (N極), 右で小さな値 (S極) を示す「S字波形」が検出された。図-2では、それが最山側のPC鋼材位置と一致

し、かつ隣のPC鋼材位置では同様の傾向が現れていないことがよくわかる。このことから、この3箇所
の最山側PC鋼材を「破断あり」、ほかを「破断なし」と判定した。なお、この3箇所の磁束密度ピーク
値の差(大きさ)およびピーク間距離は、順に約165 μ T, 385 μ T, 210 μ Tおよび約220mm, 180mm,
270mmであった。

後日、上記330mm付近の最山側PC鋼材をはつり、一部目視確認した結果、PC鋼線素線12本中4本の素
線切れを確認した。磁束密度ピーク値の大きさとPC鋼材の破断率とには、相関があることがわかって
いる²⁾。従って、破断判定した残りの約180mm, 1645mmの2箇所は、PC鋼線素線12本中2本程度の素線切
れと推察される。また、このような少量の素線切れをも検出できていることから、**図-2**に示した範囲
では、上記3箇所以外にPC鋼材の破断は無いと判定しても良いと考えられる。

また、両図の±2250mm位置でも、その左でN極、右でS極を示しているが、**図-2**ではそれが桁幅全体
に現れていること、またこの図の範囲外でも等間隔に同じ特徴を示したことから、桁はセグメント桁
であり、±2250mm位置での現象はそのセグメント境界による影響であると考えられる。

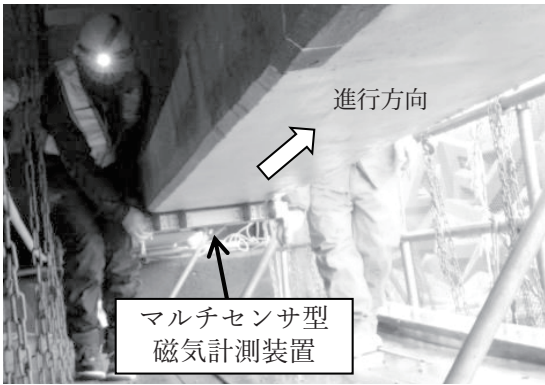


写真-1 T桁下面側の磁束密度測定状況

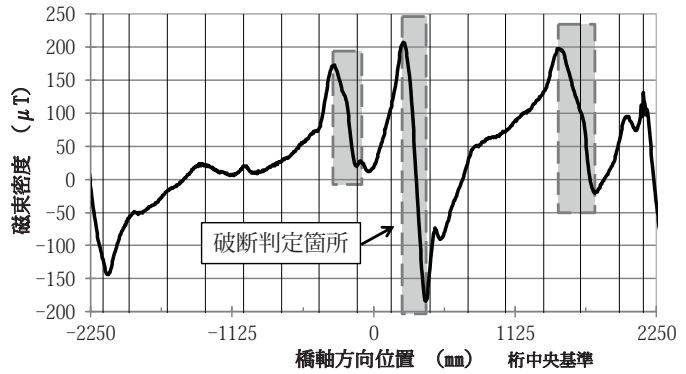


図-1 T桁下面側最山側PC鋼材位置の磁束密度分布

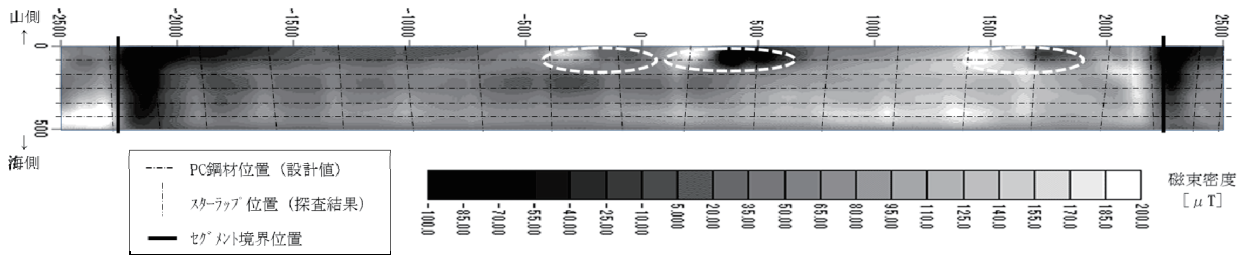


図-2 T桁下フランジ部下面側の磁束密度コンター (白色破線丸印: 破断判定箇所)

上記は、桁下吊足場からの調査事例であるが、足場が無い場合の橋梁点検車からの調査例を**写真-2**
に示す。これは、別のPCT桁橋において、プラットフォーム(デッキ部)の長さが10m以上ある大型の
橋梁点検車を用いた調査例である。プラットフォームの長手方向を橋軸直角方向に配置し、プラット
フォームの調査員がMFLの着磁装置を調査対象桁の所定位置に配置し、その状態で点検車をゆっくり橋
軸方向に走行させて、橋軸方向の着磁を実施した。磁束密度測定も同様に行った。なお、写真は桁下
フランジ部下面側調査時のものであるが、同様にフランジ部側面の調査も実施した。

この大型橋梁点検車からMFL調査を行う方法により、車線規制は必要であるが、足場の無い箇所にお
いても、効率よくMFLの調査を実施できる。

2.2 PC箱桁橋

調査対象は、箱桁ウェブのPC鋼棒 ϕ 32である。箱桁ウェブを内側から調査した結果の磁束密度分



写真-2 大型の橋梁点検車の走行による橋軸方向の着磁状況 (左：橋梁点検車，右：着磁状況)

布を図-3に示す。図-3は、ウェブの磁束密度コンターに、PC鋼材位置と鉄筋位置（ともに鉄筋探査結果）などを重ねたものである。

MFL調査の着磁では、調査対象のPC鋼材に沿ってコンクリート表面で着磁装置を走査し、続いてそれに平行な200mm, 400mm程度横の位置でも着磁装置を走査して（以降、「整磁」という）、調査したいPC鋼材の範囲を含むPC鋼材軸方向に長方形の範囲を着磁している⁵⁾。

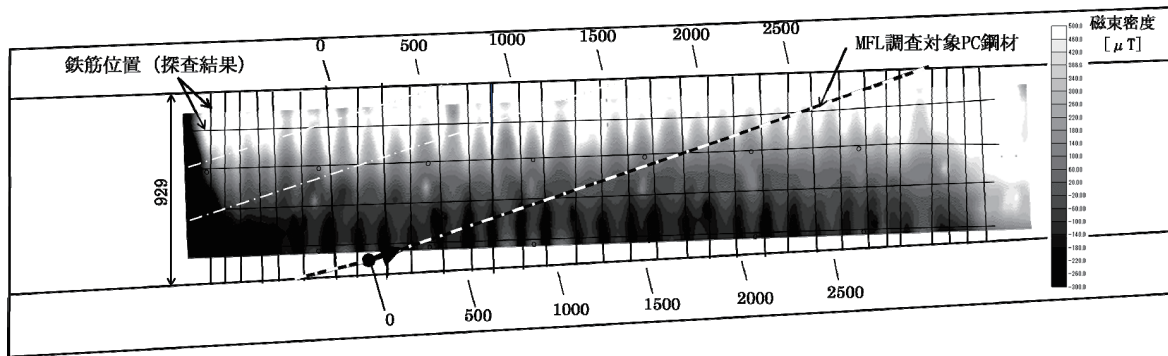


図-3 箱桁ウェブの磁束密度コンター

調査対象のPC鋼材が、図-3に示すように躯体に対して斜めに配置されている場合、PC鋼材に平行に整磁を行おうとすると、上下の床版位置の制約から着磁の距離が短くなったり、複数のPC鋼材を調査するのに非効率となることがある。このような場合には、着磁、整磁を躯体に沿って行うことで、効率よくPC鋼材を着磁することができる。図-3は、躯体に沿って着磁、整磁を行った結果である。磁束密度測定も躯体に沿って、橋軸方向におよそ5mの長さで可能な高さの範囲について行うことにより、図-3のような面的な磁束密度分布を得ることができる。ここで、コンターの範囲の左および下の方がS極（黒色）、右および上の方がN極（白色）となっている。また、交差する鉄筋（図中の黒色縦線）に沿って縦縞状の分布が現れており、これは交差する鉄筋の影響であると考えられる。

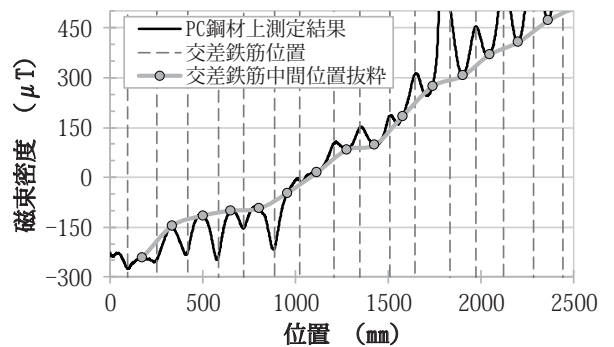


図-4 箱桁ウェブの磁束密度分布

図-4は、図-3図中に「MFL調査対象PC鋼材」と示したPC鋼材に沿って磁束密度測定を行った結果である。グラフ左でS極、右でN極となっており、所定の着磁が行えていることが確認できた。測定結果から交差鉄筋の中間位置のみを抜き出した結果を、丸印で図中に合わせて示す。波形の凸凹はすべてこの丸印の間に現れており、凸凹が交差鉄筋の影響であることがわかる。この丸印を結んだ灰

色線は滑らかな右上がりの分布となっており、破断を疑うS字波形は見られない。これら図-3、図-4の結果はともに、「対象PC鋼材破断無し」と判定した。

2.3 PCタンク

調査対象は、容量(V)= 947m³、R= 7.15m、H= 6.4mのPCタンクの周方向に配置されたアンボンドPC鋼より線(19本より17.8mm)である。MFLによる調査は、標準部(円弧部)において実施した。着磁には車輪付きの着磁装置を、磁束密度測定には軽量の標準型を用いた。調査状況を写真-3に示す測定結果の磁束密度分布例を図-5に示す。グラフ左でS極、右でN極となっており、所定の着磁が行えている。波形に細かな凸凹が多数現れているが、いずれもその大きさは小さく、PC鋼材ではなく、表面側の鉄筋の影響によるものである。MFLで調査した結果、対象標準部は「破断無し」と判定した。後日、この箇所のPC鋼材の抜き取りが行われ、標準部は判定通り健全であることが確認された。

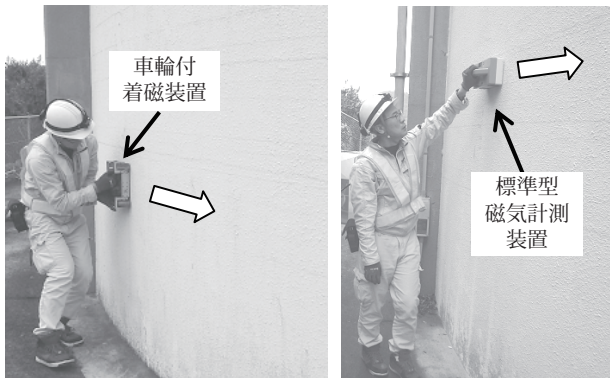


写真-3 PCタンク標準部のMFL調査状況
(左：着磁, 右：測定)

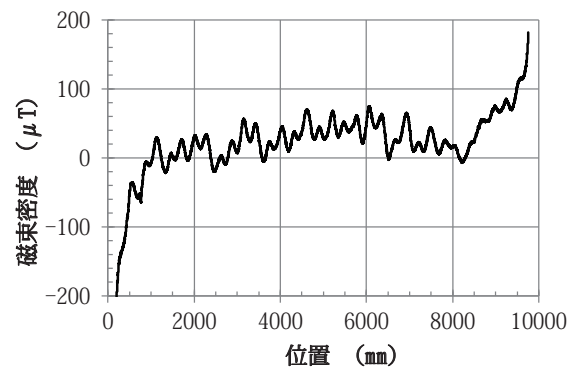


図-5 PCタンクの磁束密度分布
(調査対象：周方向PC鋼材)

3. まとめ

- ・PCT桁橋において、PC鋼線に素線切れが複数箇所ある場合のMFL調査結果の磁束密度分布、およびコンターを示した。
- ・PCT桁橋の下フランジ部を対象に、大型の橋梁点検車を橋軸方向に走行させることで、足場が無い場合でも、効率よくMFLの調査を実施できる。
- ・箱桁橋のウェブにおいては、躯体に対して斜めに配置されたPC鋼材に対し、躯体に平行に着磁を行うことでも、そのPC鋼材を調査することができる。
- ・MFLにより、PCタンク標準部におけるPC鋼材の健全性確認が容易に行える。

参考文献

- 1) 廣瀬誠, 前田龍己, 松田耕作, 横田優, 服部篤史, 宮川豊章: 磁気法による鉄筋破断非破壊検査における判定基準の構築, 構造工学論文集Vol.58A, pp.867~878, 2012.3
- 2) 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, pp.467~470, 2014.10
- 3) 廣瀬誠, 木村美紀, 萩原直樹, 豊田雄介: ポステン橋およびプレテン橋における漏洩磁束法によるPC鋼材破断調査, 第25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, pp.269~272, 2016.10
- 4) 萩原直樹, 広瀬剛, 廣瀬誠, 木村美紀: 漏洩磁束法を用いた実況調査, 第25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, pp.273~276, 2016.10
- 5) プレストレストコンクリート工学会: プレストレストコンクリートVol.60, No.6, pp.48~53, 2018.12