

磁気法による既設 PC 鋼材の異状検知に関する実橋調査

川田建設(株) 正会員 ○北野 勇一
 偕成エンジニア(株) 小濱 博明, 高澤 茂樹

1. 概要

高度経済成長期に集中的に整備された社会インフラが一斉に高齢化しつつあり, 既存インフラの維持管理の効率化が喫緊の課題である。とりわけ, 1990 年代以前に建設された PC 橋は, グラウト充填不足に伴う PC 鋼材の破断リスクが懸念される。そこで筆者らは磁気法を用いた既設 PC 鋼材の異状検知について研究を進めてきた^{1), 2)}。ここでは, 本手法を実橋に適用した結果について報告する。

2. 磁気法の概要

磁気法の測定原理を図 1 に示す。測定は, 交流電流を流したコイルから発生する磁束が PC 鋼材を通過すると鋼材全体に過電流が発生し, 磁界が生じる。その磁界による信号(起電力差 ΔV や位相差 $\Delta \theta$)を検出することで, 鋼材の情報を取得する。過電流の乱れや発生量の変化を捉えることにより, 鋼材が健全な場合と欠損の場合を相対比較して欠損を検知する。したがって, 原理上は弾性波法を用いた非破壊調査に比べ, 多孔質の複合材料であるコンクリートの影響を受けにくい特徴がある。

例えば, $10 \times 10 \times 30 \text{ cm}$ のコンクリート試験体の中央付近に傷を付けた PC 鋼線 $\phi 5 \text{ mm}$ を配置し, 磁気センサを片道走行させて動的測定を行った(写真 1)。その結果, ΔV の振れ幅は傷のない No. 1 で ± 10 であるのに対し, 傷を付けた No. 2~No. 4 は傷の前後で大きく両振幅し, 明確な差異が生じた(表 1, 図 2)。後述するグラウト充填判定の閾値は ± 150 に設定するため, No. 2 の傷は判別不能である。したがって, 磁気法による PC 鋼材の異状検知は, No. 3 と No. 4 の傷が検出可能である。

なお, グラウトは鋼材に比べ僅かであるが電気を通し渦電流の発生状況に影響を与えられ, これを逆手に取り, グラウト充填不足を検知する。

3. 調査方法

表 2 に調査条件を示す。いずれも道路橋であり, K 橋と S 橋の PC 鋼材は $12 \phi 7 \text{ mm}$ (断面積 462 cm^2), H 橋は $30 \phi 6 \text{ mm}$ (断面積 848 cm^2) が用いられている。事前に, PC 鋼棒 $\phi 23$ (断面積 416 cm^2) をシースかぶり $60 \sim 140 \text{ mm}$ で配置した版試験体にて出力調整した後, 上縁定着ケ

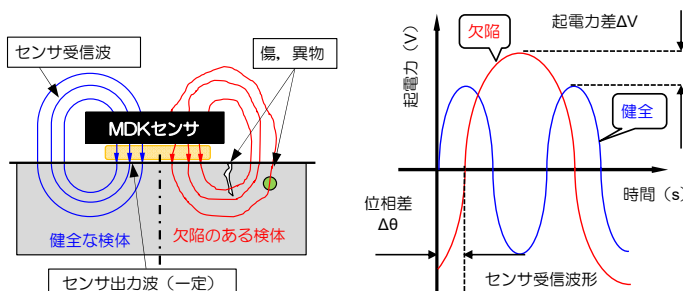


図 1 磁気法の測定原理



写真 1 試験体 No. 3

表 1 傷を付けた PC 鋼材の測定

No.	傷の寸法 (幅×深さ)	ΔV の 振れ値	PC 鋼材の 想定状況
1	$0 \times 0 \text{ mm}$	± 10	健全
2	$1 \times 0.4 \text{ mm}$	$+80 \sim -10$	腐食小
3	$4 \times 1 \text{ mm}$	$+500 \sim -500$	腐食大
4	$2 \times 5 \text{ mm}$	$+500 \sim -500$	破断

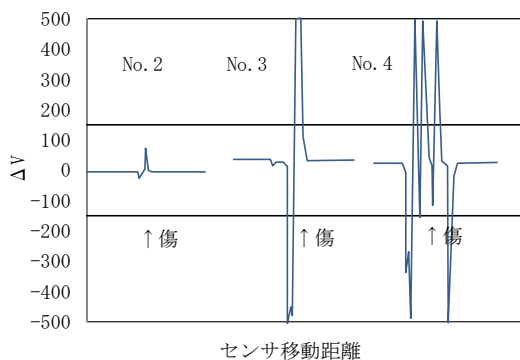


図 2 傷を付けた PC 鋼材の波形例

キーワード 磁気法, 非破壊検査, PC 鋼材, グラウト

連絡先 〒114-5384 東京都北区滝野川 6-3-1 川田建設(株)技術部 TEL 03-3915-5384

ーブルを対象に、ウェブ側面より調査した。

実橋調査は鉄筋を避け、PC 鋼材を跨いで磁気センサを往復走行させ動的に測定する方法と、PC 鋼材直上の定点で静的に測定する方法で実施した(写真2)。往復走行の判定は片振幅の絶対値が $\Delta V=150$ 以上となる場合にグラウト充填不足とした(図3)。定点測定の判定は $\Delta V=0$ 以上をグラウト充填、 $\Delta V=0$ 未満をグラウト充填不足となるように設定した。別途、削孔調査とシースかぶりを測定した。

4. 調査結果

調査結果を表3に、かぶり毎の正答率の分布を図4に示す。3橋とも削孔調査によりグラウト充填不足の箇所が2~8割あり、かぶりは最小31mm, 最大231mmであった。正答率は定点測定の方が高く、K橋とS橋に関してはかぶり60~140mmの正答が平均92%であった。一方、この範囲を外れる場合は正答率が低下した。今回、シースかぶり60~140mmで調整した磁気センサを用いたため、この範囲を外れる場合は別途調整した磁気センサを用いる必要があると考えられる。一方、H橋ではかぶり80mm以上の正答率が5割程度であった。この原因は、調整用のPC鋼材の断面積に比べ、H橋のPC鋼材の断面積は約2倍であり、かぶりに加えPC鋼材の断面積についても補正が必要であると考えられる。

なお、今回実施した3橋すべての往復走行において前出図2の片道走行時のNo.3やNo.4と類似する両振幅の波形は確認されず、削孔調査でもPC鋼材の顕著な腐食や破断は認められなかった。

5. まとめ

実橋の既設PC鋼材に対し磁気法による非破壊調査を行った結果、磁気センサの調整を行ったPC鋼材と断面積が同程度で、かつ、かぶり60~140mmのグラウト充填有無の正答率は平均92%であった。しかし、それ以外の調査条件では正答率が低下した。

参考文献

- 1) 塩井, 北野, 小濱, 高澤: 磁気 (MDK) 法によるPC鋼材の張力検知, 第18回神奈川県非破壊試験技術発表会講演資料, pp.37-42, 2013.11
- 2) 塩井, 北野: 既設PC鋼材の非破壊測定技術に関する研究, 川田技報, 2018.1

表2 調査条件

	K 橋	S 橋	H 橋
構造物	道路橋	道路橋	道路橋
構造形式	単純 PCT 桁	単純 PCT 桁	連続 PC 箱桁
PC 鋼材	12 φ 7mm	12 φ 7mm	30 φ 6mm
供用開始	1969 年	1975 年	1963 年



写真2 磁気センサを用いた動的測定

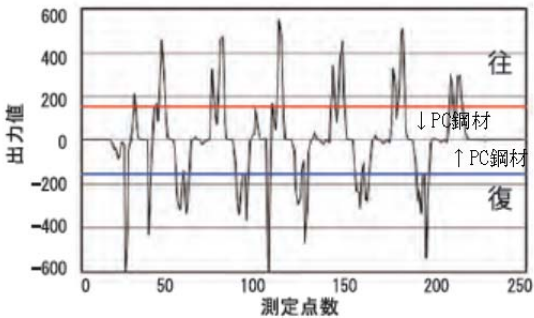


図3 往復走行による波形 (グラウト充填不足)

表3 磁気法による非破壊調査結果

		K 橋	S 橋	H 橋
調査箇所		20 箇所	20 箇所	20 箇所
グラウト充填不足箇所		8 箇所	16 箇所	4 箇所
シースかぶり (mm)		37～231	39～138	31～121
正答率	往復走行	60%	95%	65%
	定点測定	65%	100%	未実施

注) H橋では定点測定の再現性が取れなかったことから、往復走行のみ実施した。

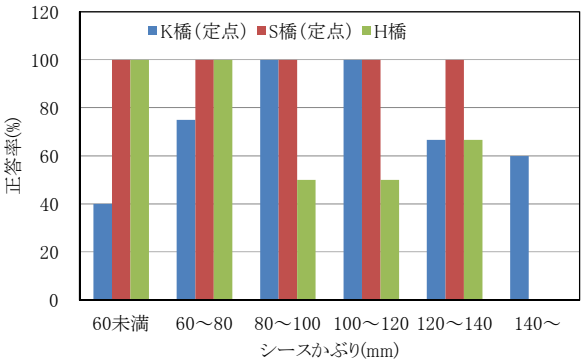


図4 かぶり毎の正答率