

PC 桁内部鋼材の破断検知を実現する新技術（磁気ストリーム法）の一考察

株式会社 エイト日本技術開発

正会員 瀬良 敬彦

株式会社 エイト日本技術開発

正会員 ○寺田 弘基

コニカミノルタ 株式会社

正会員 森田 博

広島県西部建設事務所 廿日市支所 厳島港整備課

竹中 学

1. はじめに

プレストレストコンクリート橋（以下、PC 橋と記述）は、内部鋼材に腐食や破断が生じると、プレストレスが低下し、急激に耐荷力の低下が生じる可能性がある。そのため、内部鋼材の劣化損傷を早期に発見することは重要であるが、外観確認が基本の近接目視点検では、内部鋼材の状態把握は困難である。

本報告は、試行段階ではあるが、内部鋼材の破断を非破壊検査にて検知できる新技術「磁気ストリーム法」を活用し、その有効性の検証と改良への提案を行ったものである。

2. 磁気ストリーム法の計測原理

磁気ストリーム法とは、装置をコンクリート表面に設置（写真-1）し、コンクリートの外側から内部鋼材に対して磁石をあてがい、1方向から磁場をかけることで、破断による磁場の急減衰現象を捉える方式である（図-1）。

内部鋼材に破断がない健全波形の場合、磁力は距離に比例して徐々に弱まりながら一定方向に変化する。一方、破断箇所がある場合は、磁力の流れが途中で分断されるため、分断箇所を境に磁力が急激に減少する（図-2）。このような磁力変化を捉えることで鋼材の破断を検知可能となることに着目した新技術である。

また、IoT 技術の活用により、計測データが即座にクラウド送信・解析され、タブレット端末等で計測結果を即座に現地で確認することが可能である（図-3）。



写真-1 計測状況



図-3 IoT技術イメージ

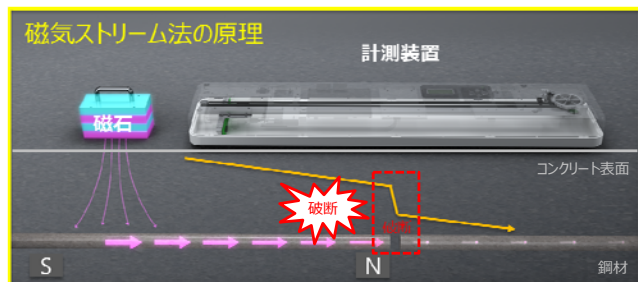


図-1 磁気ストリーム法の原理

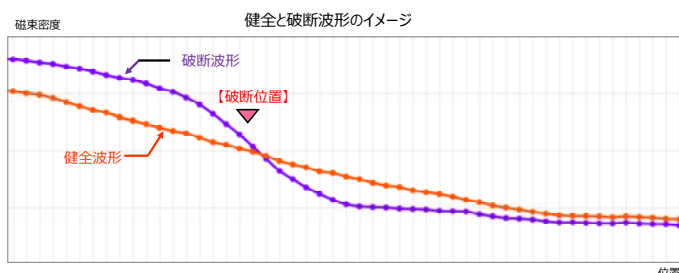


図-2 健全と破断波形のイメージ

3. 計測装置の概要および計測手順

計測装置の概要

計測装置（図-4）内に2列×5個=計10個のセンサーが配置されており、自動でセンサーが計測装置内を移動して磁場を捉え計測する。1回の計測面は16cm×70cm（装置をコンクリート面に当てる面積）で、計測時間は約20秒である。各センサーで、X・Y・Zの3軸（図-4）方向の磁力を計測し、得られた3波形から鋼材破断位置を特定する。

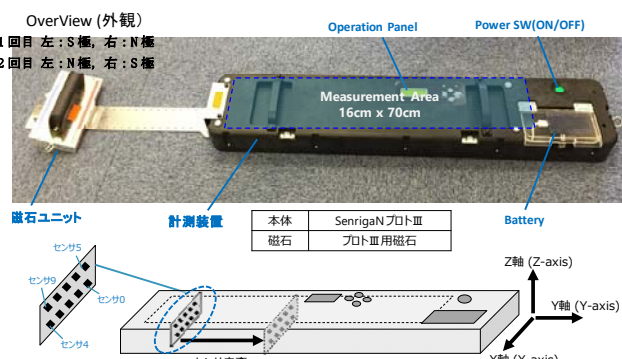


図-4 磁石ユニットと計測装置

キーワード 非破壊調査, PC 桁, PC 鋼材, PC 鋼材の破断, 内部鋼材, 磁気ストリーム法

連絡先 700-8617 岡山県岡山市北区津島京町3丁目1番21号 (株)エイト日本技術開発 TEL:086-283-5055
100-7014 東京都千代田区丸の内2-7-2JPタワー14階 コニカミノルタ(株) TEL:03-6250-2111

計測手順

- 1.計測装置をコンクリート面に押し当て、磁石の N 極を計測装置に近い側に配置した状態で計測する.
- 2.磁石の S 極を計測装置に近い側に配置した状態で計測する.
- 3.1.の計測データから 2.の計測データを減算した波形を基に破断の有無を検証する.

4. 計測結果

計測は、プレテン PC ホロー桁橋にて行った. 本橋は港湾構造物であり、常に厳しい塩害環境下にあることから、錆汁を伴うひびわれやうき、剥離・鉄筋露出等の損傷、劣化が著しく生じている橋梁であり、橋梁構造の安全性が懸念された. 計測は、上記の著しい損傷が確認された箇所にて行った.

健全箇所の計測波形を図-5 に、内部鋼材破断の疑いがある箇所の計測波形を図-6 に示す.

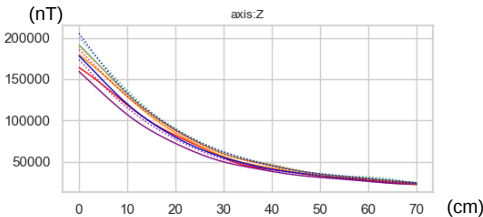


図-5 健全箇所の磁束密度波形

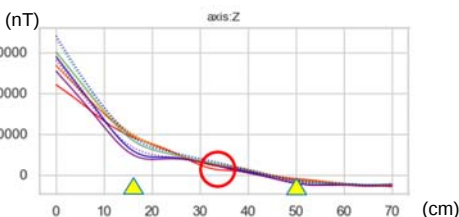


図-6 破断疑い箇所の磁束密度波形

健全箇所の波形と比較すると、破断箇所では一般的に以下のような波形傾向が見られる.

- ・ Z 軸：破断箇所手前で正の方向へ大きくばらついていた波形が急減衰する.

図-6 の波形では、Z 軸のセンサー0 の 30cm 付近で磁力低下の異常波形が確認された (赤丸箇所) ため、内部鋼材の破断が疑われる.

本計測は、著しい損傷が確認された PC ホロー桁 (主桁計 10 本) の計 24 箇所で実施し、その内 4 箇所で破断疑いの波形が検出された. その内の 1 箇所はうきや剥離が著しかったことから、うき部のコンクリートをはつり取り、目視にて破断有無を確認した. その結果、内部鋼材の破断が確認されたことから、本技術の有効性は高いと言える. 本技術の検証結果を表-1 に、従来技術との比較結果を表-2 に示す.

表-1 磁気ストリーム法の検証結果

項目	内容
良い点	・ PC 桁内部鋼材の破断を非破壊で検知可能. ・ IoT 技術によって、現地で即座に解析結果の確認が可能. ・ 約 20 秒/箇所計測可能なため、従来技術と比較して、1 日で多くの箇所の計測が可能. また、作業時に特別な対策が不要である (表-2).
留意点	・ 計測中は、計測装置をコンクリート面に押し当てておく必要がある. ・ 検査環境や内部鋼材の太さによるが、かぶり厚 20cm 程度までは検知可能である.
改良点	・ 足元条件が悪い場所での計測を想定し、装置の軽量化・小型化、また計測時間の短縮化. ・ 計測波形の減衰箇所の見極めは素人に困難なため、破断疑い箇所を音等で知らせる機能付与. ・ 桁のどの位置を計測しているか分かるように、測距機能等の付与.

表-2 従来技術との比較 (同様に 24 箇所の調査実施の場合)

技術	期間	手法	範囲	作業性
磁気ストリーム法	2 日	非破壊	面的 (短時間)	特別な作業時の対策が不要
はつり調査	12 日	破壊	点的 (長時間)	飛散防止等の養生が必要
X 線透過法	24 日	非破壊	面的 (長時間)	労働安全衛生法に基づいた安全管理が重要

5. おわりに

PC 橋において、内部鋼材の破断はその橋梁構造の安全性に直結することから、致命的な損傷である. 内部鋼材の状態を目視で確認する必要があるが、PC 桁では破壊検査 (はつり等) は好ましくない. 本技術は、非破壊検査にて内部鋼材の破断有無が現地確認できるため、有効な技術であると言える.

前述に提案する改良点の改善が望ましいが、改良されることで今後の活躍が大いに期待される技術であると言える.

以上