磁気を利用した非破壊検査機器によるプレテン桁のＰＣ鋼材破断検査

川田建設(株)	正会員	○垣花　寿	コニカミノルタ(株)	丸山　一直
(一社)沖縄しまたて協会	正会員	玉城　喜章	コニカミノルタ(株)	森田　博
琉球大学	正会員	下里　哲弘	コニカミノルタ(株)	橋本　好之

１．はじめに

コンクリート橋のひとつであるプレストレストコンクリート橋（以下，ＰＣ橋と記述）においては，塩害などの劣化要因によりＰＣ鋼材が腐食・破断し，プレストレスが減少して耐力が低下することがある．ＰＣ橋の底面や側面にひび割れが生じた場合，そのひび割れ箇所におけるＰＣ鋼材の腐食状況や破断位置が検知できれば，今よりも簡単に残存性能が診断できるようになると考えられる．

劣化したＰＣ橋の残存性能を診断するには，プレストレス量いわゆるＰＣ鋼材の腐食状況や破断位置の把握が不可欠になる．ＰＣ鋼材はコンクリート内に位置するため，はつりださない限り腐食状況や破断位置の目視確認が困難であることから，これらを調査する非破壊検査技術の開発が進められている．

現在，研究開発中である磁気を利用した非破壊検査機器のＰＣ鋼材破断検知の性能確認を目的として，劣化した実橋において，測定した結果を述べる．

２．磁気を利用した非破壊検査機器の概要

磁気を利用した非破壊検査機器は，鋼材を着磁させると破断した位置で磁極が入れ替わることによる磁束の変化を捉えて，鋼材の破断位置を特定する装置である．本装置は，磁石ユニットが脱着できる検査装置とクラウド解析プラットフォームから構成される．検査装置には，一直線上に 3 軸磁気センサが 5cm 間隔で 20 箇所に配置されている．測定する際の位置決めを精度よく行うため，検査装置を 10cm 間隔で 5 箇所に固定できる測定フレームを使用する方式（写真-1）とした．測定した磁気情報は，携帯電話のデータ通信を用いて鋼材診断クラウドに収集・解析し，磁束密度-測定位置グラフ（以下，磁束-位置図と記述）と磁束等高線（コンター）図を作成して，タブレット端末で直ちに確認できる．

本装置の鋼材に着磁する方法は，磁気センサ装置の両側にＮ極とＳ極を別々に配置する磁気ループ法（図-1）を基本とするが，一般的に行われているひとつの磁石を用いて着磁（着磁法）する方法でも測定できる．

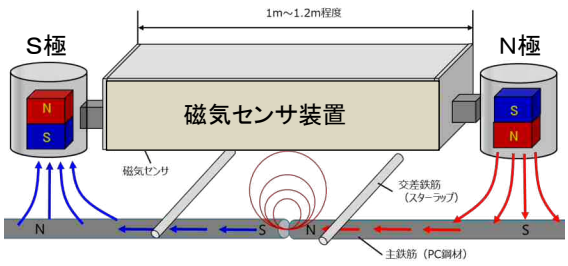

図-1　磁気ループ法の原理

写真-1　検査装置による測定作業状況

写真-2　着磁作業状況

３．実橋における測定結果

測定に用いる実橋は，海岸沿いの供用道路に並行した閉鎖旧道に架かるＰＣ単純プレテンションＩ桁橋とした．点検時のはつりにより，ＰＣ鋼材は SWPR2N φ2.9mm であることが確認されている．着磁方法は，ＰＣ鋼材が細径であるため，磁束密度が大きくなりすぎないように，着磁用磁石を用いて底面付近にて桁軸一定方向

キーワード　ＰＣ橋，ＰＣ鋼材の破断，ひび割れ，非破壊検査，磁気，センサ

連絡先　〒900-0015　沖縄県那覇市久茂地 3 丁目 22-1 日高ビル 5F-B　川田建設(株)沖縄営業所　TEL 098-864-0048

にゆっくり動かす方法とした（写真-2）．測定箇所は，目視でひび割れが確認できない桁底面と，橋梁点検で桁にひび割れが確認された際，その箇所のＰＣ鋼材の破断状況を確認することを想定し，0.5㎜程度の開口幅のひび割れがある桁底面を選定した．

測定結果を代表し，１）目視で健全な底面（図-2），２）ひび割れを有する底面（写真-3，図-3）における磁束-位置図を示す．磁束-位置図のうち，X軸は桁軸直角方向，Y軸は桁軸方向，Z軸は底面に対して直角方向（桁高方向）の磁束密度を示す．

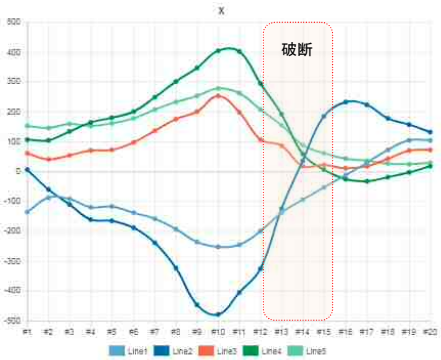

図-2-1 磁束-位置図(X軸)

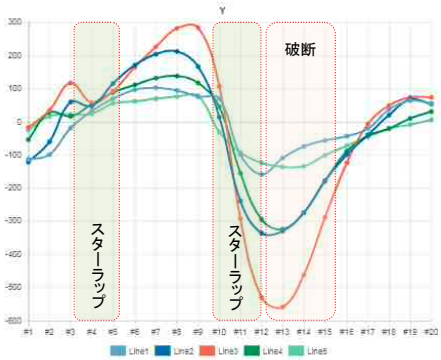

図-2-2 磁束-位置図(Y軸)

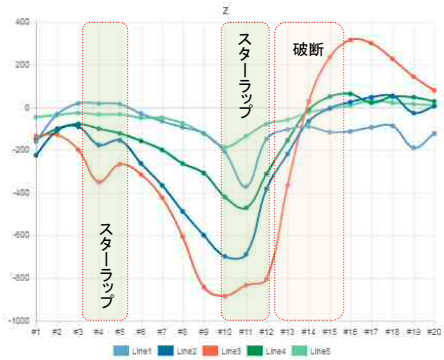

図-2-3 磁束-位置図(Z軸)

写真-3 ひび割れを有する底面

１）については，ＰＣ鋼材破断の信号が顕著にあらわれるＺ軸グラフを確認すると，曲線がW13 からW14 付近でＳ字に変化しているため，ＰＣ鋼材が破断していると判断した．また，Ｚ軸グラフの曲線が極大もしくは極小となる位置付近において，Ｙ軸グラフの曲線がＳ字に変化している箇所は，スターラップと判断した．

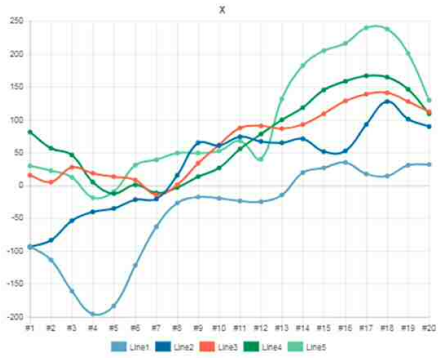

図-3-1 磁束-位置図(X軸)

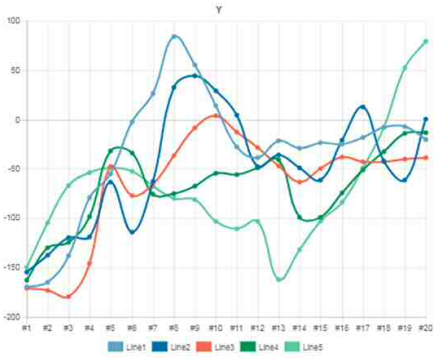

図-3-2 磁束-位置図(Y軸)

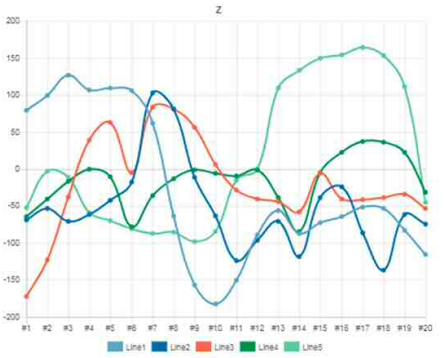

図-3-3 磁束-位置図(Z軸)

２）については，Ｚ軸，Ｙ軸グラフの磁束密度がともに小さく，曲線がランダムに変化しているため，ＰＣ鋼材が腐食して断片化（破断）していると推定した．本装置では，断片化している範囲は特定できないものの，今後の装置改良によっては，ひび割れ位置においてＰＣ鋼材の消失範囲を特定できることが推測される．

４．おわりに

本論文では，磁気を利用した非破壊検査機器による劣化した実橋の測定結果について報告した．測定結果から，細径のＰＣ鋼材を用いたプレテンＩ桁では，ひび割れのない位置において，ＰＣ鋼材破断位置のおおまかな特定は可能であるとともに，ひび割れ箇所において，ＰＣ鋼材の破断を推定できることが分かった．なお，本装置もしくは改良した装置のＰＣ鋼材破断の検知性能を評価するため，ひび割れ幅や長さを調査し，本装置により非破壊検査を行ったのち，はつり調査を行う予定である．

今後，本装置については，細径のＰＣ鋼材が細かい間隔で配置されているプレテン桁においても精度よく測定できるように，計測装置の高精度化，小型化を進めるとともに，測定波形を収集・分析して波形をパターン化し，機械学習により検出精度を向上させる計画である．