

過酷な腐食環境下における PC 鋼材破断検知技術の活用

大日本コンサルタント（株） 正会員 ○川島 将太 大日本コンサルタント（株） 田中 大気
大日本コンサルタント（株） 正会員 田代 大樹 コニカミノルタ（株） 森田 博

1. はじめに

沖縄県内の PC 橋は過酷な腐食環境下に晒されるため、塩害劣化の進行が極めて速い傾向にある。
PC 橋では、塩害によって内部の PC 鋼材の腐食が進行し、破断が生じれば耐荷力に大きな影響を及ぼす可能性があるため、PC 鋼材の健全度を適切に評価する必要がある。主桁内部の PC 鋼材の状態を確認する従来の方法として、主桁を研る方法があるが、工事用設備の設置のためにコストが嵩むことや、断面の欠損により性能を低下させることが懸念されるため、非破壊により事前に PC 鋼材の損傷箇所を把握できることが望まれる。

本稿では、PC 鋼材に損傷の可能性がある沖縄県内の実橋梁について非破壊検査技術を適用し、PC 鋼材の健全度を調査した結果について報告する。

2. 対象橋梁

対象橋梁の外観と桁下の状況を写真-1、諸元を表-1 に示す。本橋は海岸線から約 50m の位置にあり、飛来塩分の影響を受けやすい環境に置かれている。また、事前の近接目視点検により、主桁のひびわれやうき、剥離・鉄筋露出等の損傷が確認されており、5 年前に実施した点検時よりも損傷が進行しているため、内部鋼材の損傷が懸念される状況にあった。



写真-1 対象橋梁外観・桁下損傷状況

表-1 橋梁諸元

形式	プレテンション方式 PC 単純 I 桁
橋長	11.44 m
幅員	13.50 m
径間数	1 径間
設計示方書	昭和 53 年 道路橋示方書
架設年次	1984 年（昭和 59 年）
海岸線からの距離	約 50 m
桁下環境	河川

3. 調査方法

本橋では非破壊調査と、非破壊調査のキャリブレーションを目的として局部でははつり調査を併せて実施した。非破壊調査では漏洩磁束を利用した技術である「SenrigaN[®]」を使用した。本技術は磁石により内部鋼材に磁力を印加させ、内部鋼材からの漏洩磁場を磁気センサで検知し、磁束密度を波形として可視化できる。この波形を判読することで、破断の有無と位置を特定することが可能となる。今回の調査対象は主桁にひびわれやうき等の外観に変状が生じている箇所とした。調査状況を写真-2 に示す。
はつり調査は、非破壊調査のキャリブレーションのために、PC 鋼材の損傷程度が大きいと判定した箇所と、中程度と判定した箇所の各 1 箇所ずつで実施する方針とした。



写真-2 調査状況写真

4. 鋼材破断の判定方法

プレテン桁における健全な状態と損傷が生じている状態の波形の例を図-1 に示す。縦軸に磁束密度、横軸に橋軸方向の計測位置を示している。健全な状態ではスターラップによる波形変化が顕著に表れるため、深さ方向（Z 軸）ではスターラップ位置で凸形状の波形が発現し、長辺方向（X 軸）ではスターラップ位置で S 字形状の波形が発現する。損傷が生じている状態では損傷に近いセンサが強く変化しスターラップの波形が小さくなるため、深さ方向（Z 軸）では損傷位置で逆 S 字の波形が発現し、長辺方向（X 軸）では損傷位置で凸形状の波形が発現する。

キーワード 非破壊検査, PC 橋, PC 鋼材, 漏洩磁束法, 腐食, 塩害
連絡先 〒900-0015 沖縄県那覇市久茂地 2-2-2 大日本コンサルタント(株)沖縄事務所 TEL 098-860-4301

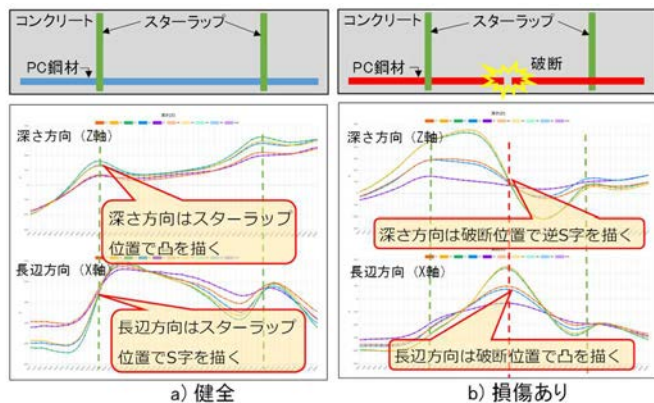


図-1 鋼材破断の判定方法の例

5. 非破壊調査結果

非破壊調査の結果を図-2に示す。複数の箇所においてPC鋼材に損傷が生じていると考えられる結果が得られた。

磁束密度の変化量より、損傷の程度が大きいと考えられ、海に最も近いG38において得られた波形を図-3に示す。センサ4において深さ方向(Z軸)で逆S字を描き、長辺方向(X軸)で凸形状の波形変化が得られた。いずれの波形も前述した損傷特有の波形変化であることから、断面減少ありと判定した。

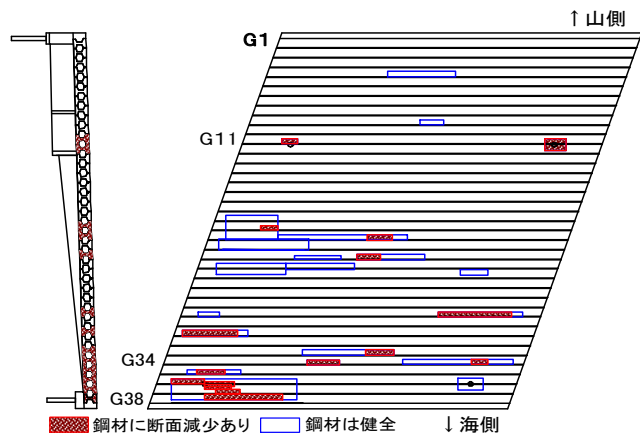


図-2 非破壊調査結果 (桁下全面)

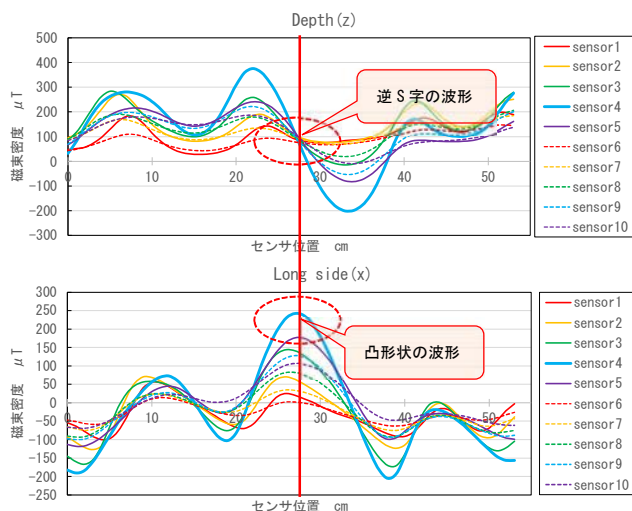


図-3 非破壊調査結果 (G38)

6. はつり調査結果

非破壊調査の結果より、波形の変化が大きいG38と中程度のG34で1箇所ずつはつり調査を実施した。

G38における結果を図-4に示す。調査の結果、主桁下面に6本設置されているPC鋼材のうち縁端の1本について、G38で75%程度、G34で50%程度の断面減少が確認出来た。

非破壊調査の結果とはつり調査の結果を比較した結果、波形変化が最も大きかったG11の排水管が近接する箇所の主桁下面縁端の1本について、76%～100%程度の断面減少が生じていると推定した。

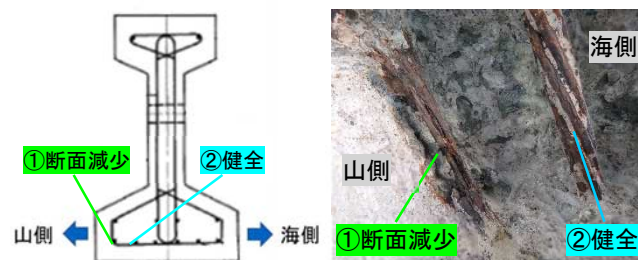


図-4 G38 はつり調査結果

7. まとめ

非破壊調査の結果より、鋼材損傷と考えられる波形を検知し、はつり調査と比較することで各計測箇所における損傷の程度を推定した。

鋼材1本の断面減少率が76%～100%と推定される箇所は1箇所であったが、当該箇所は主桁に12本配置されているPC鋼材のうち主桁下面縁端の1本のみであった。別途耐荷力評価を行った結果では、PC鋼材が3本破断した場合に限界耐力に達する結果となったため、橋梁全体としての耐荷性能は満足していると考えられる。ただし、今後急速な進展も懸念されるため、モニタリング技術を活用した継続的な監視を実施することで、今後の効率的な維持管理の実現に寄与していきたい。

参考文献

- 1) <https://bic.konicaminolta.jp/hihakai/>
- 2) 瀬良敬彦, 寺田弘基, 森田博, 竹中岳: 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, 土木学会第 73 回年次学術講演会, V-660, 2020.
- 3) 川島将太, 木村浩士, 田中大気, 森田博: 沖縄県における磁気センシング技術を利用した PC 鋼材破断検査について, 土木学会第 77 回年次学術講演会, V-43, 2022.