

表面被覆されたケーブルの渦流探傷検査による非破壊腐食診断に関する検討

* (株)ブリッジ・エンジニアリング 正会員 ○増村美聖 **国立研究開発法人 物質・材料研究機構 何 東風
* (株)ブリッジ・エンジニアリング 西村徹也 **国立研究開発法人 物質・材料研究機構 土谷浩一

1. はじめに

斜張橋やエクストラードズド橋などのケーブルの多くはポリエチレンなどで被覆されているが、長期間の供用によって腐食が生じる可能性がある^[1]。一方、従来の全磁束法や一般的な渦流探傷を用いた検査法は、ケーブルの広範囲を計測できる反面装置が大型であり、容易に検査を実施しにくいという課題がある。そこで、被覆下のケーブルの表層に生じる腐食をターゲットに、軽量小型で簡易に実施可能な非破壊検査システムの開発を行った。

本稿では、過年度報告^[2]の室内試験による検証を終え、実施した実橋調査で生じた課題と、それを受け改良したシステムによる室内試験と実橋調査から得られた結果について報告する。

2. 本システムについて

本システムは非破壊で被覆下の鋼材の腐食を調査するため、渦流探傷(電磁誘導で計測対象物に同心円状の渦電流を発生させ、計測対象物の傷や腐食を渦電流の変化によってとらえる)の技術をもとに作製した。渦流探傷を用いることで、磁性を持たない材質である表面被覆を無視して、被覆下の鋼線に対して計測を実施できる。本システムは軽量小型な検査システムを目指し、測定装置を85mm×170mm×60mmの小箱に収まるサイズで作製し、これをUSBケーブルで接続するノートPCの2つのみで計測を行えるようにした^[3]。

本システムの原理や具体的な評価方法については、令和2年度予稿^[2]を参照いただきたい。

3. 実橋を模したケーブル模型の計測結果から生じた課題

前年度の室内試験により、本システムで被覆下のケーブル(亜鉛めっき鋼線の束)の表層1層目に生じた腐食はその腐食の程度に関わらず検出できることを確認したため、実橋を模した試験体での調査を行った。斜張橋ケーブルと同じ製法で作成されたのちに屋外暴露し、腐食が確認されたケーブル模型(模型 A)があったため、模型の被覆を一部剥いだ後に本システムで計測し、被覆下の鋼線束表面の腐食状況との比較を行った。その結果、ケーブル表層に見られた直径5mm程度の軽微な錆を検出できないことがわかった。従来の本システムでは測定範囲が被覆下の鋼線束上で水平方向に直径約3cmの範囲だったため、その範囲内で探傷信号が平均化され、測定範囲内に対してサイズの小さく軽微な錆を検出できなかったことが原因であると推定した。この結果を受け、よりサイズの小さい腐食を検出するために装置を新たに作製し、測定範囲を鋼線束上で直径5mm程度にすることで検出精度が向上するよう改良を行った。

4. 装置改良後の各試験結果

まず、改良後の装置と改良前の装置で同じ試験体を計測する室内試験を行った。亜鉛めっき鋼線を用意し、腐食のない鋼線で作った束に腐食の程度が異なる3種類(全面腐食、中程度の腐食、軽微な腐食)の腐食鋼線を1本加えその腐食鋼線を検出できるかで測定装置の検出深さの性能を確認する試験である。計測結果から、改良後の装置が改良前の装置と同じくケーブルの表層1層目の腐食は確実に検出でき、本システムの目的に即した検出性能を維持していることを確認した。

次に、直径7mmの腐食のない亜鉛めっき鋼線を50本、100本、150本、200本と鋼線の本数を変えてケーブル状に

キーワード 斜張橋, 亜鉛めっき鋼線, 腐食, 非破壊検査, 渦流探傷, 表皮効果

連絡先 *〒655-0047 兵庫県神戸市垂水区東舞子4-115(JB本四高速舞子ビル内) TEL078-785-3651

連絡先 **〒305-0047 茨城県つくば市千現1-2-1 TEL029-859-2533



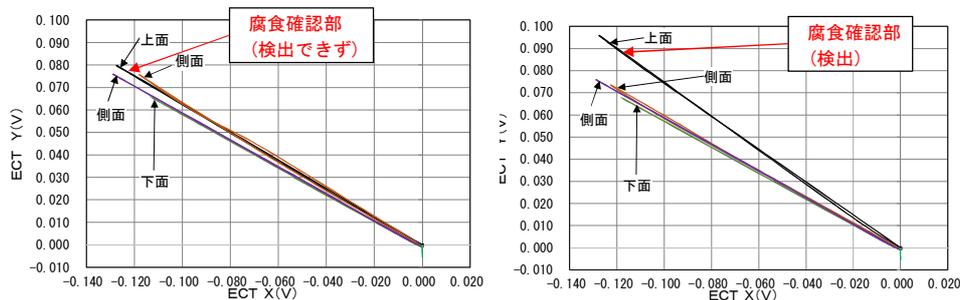
Fig.1 計測状況とケーブル模型断面

	改良前	改良後
検出 コイル径	30mm	5mm
励磁 コイル径	(同一コイル)	40mm
周波数	交流80kHz	

Fig.2 測定機器の改良点一覧

束ねることで、より実際のケーブルに近い状態を試せるよう試験体を用意し、先述の試験と同じく腐食の程度が異なる3種類の腐食鋼線を加え腐食の信号を検出できるか計測を行った。

また、実橋調査への適応を想定して、まず先述の実橋ケーブルを模した模型Aにて、改良前の装置で検出できなかった軽微な錆の箇所を計測を行った。改良後の測定装置による計測では腐食信号を検出でき、装置の課題が解消できたこと



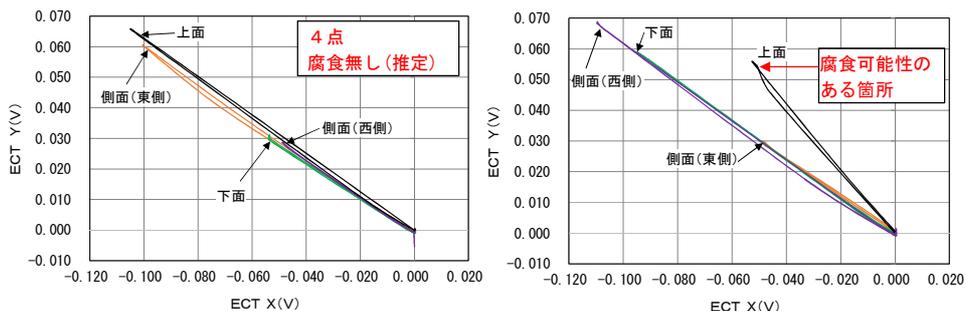
(1)旧測定装置:腐食検出できず (2)改良後測定装置:腐食信号検出

Fig.3 模型Aの計測結果

を確認した。(Fig.3 参照)
次に、実際に供用されている斜張橋、エクストラード橋を対象に、ケーブル径や橋梁の規模の異なる複数の橋梁で計測を行った。供用されている橋梁のケーブルでの調査は、まず非破壊検査により腐食の可能性を評価する必要がある。本調査では、供用されている橋梁の中で、過去の調査等により被覆下の腐食のおそれのある箇所が判明しているケーブルを持つ橋梁で計測を行い、腐食箇所を有するケーブルの測定信号と腐食信号の無いケーブルの測定信号を比較し、模型Aと同様に腐食有無の可能性を判別可能なレベルで計測できるかを確認した。また、その計測結果を指標に、腐食の有無が不明な実橋についてもそれぞれケーブル数本ずつ計測を行い、その結果をグラフにプロットして比較した。実橋計測時には、

ケーブルの円断面に上面、下面と2側面の計4点計測を行い1計測とした。

計測結果のグラフを Fig.4 に示す。腐食のおそれのある箇所が判明している橋梁(B橋)で、腐食検出のないケーブルの測定信号(図左側)と腐食の可能性のある箇所を有するケーブルの測定信号(図右側)を比較した結果、



(1)B橋:腐食検出無しケーブル (2)B橋:腐食有りと思われるケーブル

Fig.4 橋梁(B橋)の計測結果

実橋梁のケーブルにおいても室内試験や模型A計測時の腐食の有無と同様に測定値に差が見られ、腐食の可能性のある箇所の測定信号は明確に違う傾きを示すことを確認した。このように、本システムによって、被覆下のケーブルに対して非破壊で腐食の可能性を診断することができた。

5. まとめ

今年度の調査では、本非破壊検査システムの検出性能の向上と、その性能確認を室内試験にて行った後、実橋調査を行った。その結果、実橋梁の被覆ケーブル腐食箇所において、実際の腐食有無状況と一致する結果が得られたため、本システムは被覆下のケーブル表層の腐食可能性に対し一定の評価ができることが確認できた。また、その結果を参考とすることで、腐食有無状況の不明な被覆ケーブルにおいても、非破壊検査によってケーブル表層の腐食の可能性を診断できることを確認した。

参考文献

- [1] Keita Suzumura, Shun-ichi Nakamura, "Environmental Factors Affecting Corrosion of Galvanized Steel Wires," Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 16, No. 1, pp. 1-7 (2004)
- [2] 増村美聖, 何 東風, 西村徹也, 土谷浩一, "表面被覆されたケーブルの渦流探傷検査による腐食程度判別に関する基礎的検討", 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会, VI-561 (2020)
- [3] Dongfeng HE, Tetsuya NISHIMURA, Misato MASUMURA, Koichi TSUCHIYA, "Developing Electromagnetic Method for the Corrosion Evaluation of Steel Cable, 20th WCNDT2020(Posting)