

## 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

\* (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 PC 橋などに用いられている溶融亜鉛めっき鋼線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<sup>[1]</sup>。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、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、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、開発したシステムを用いて、被覆下の鋼材腐食を評価できるか検証するため行った室内試験の結果について報告する。

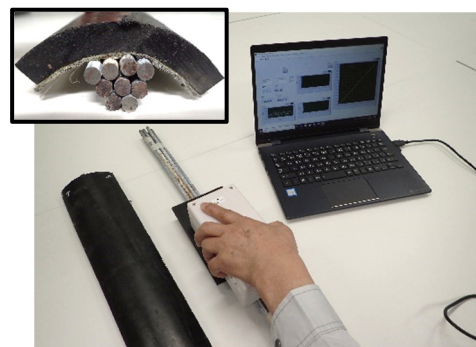


Fig.1 本システムを用いた測定状況

### 2. 試験方法

#### 1) 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を調査するため、渦流探傷検査の技術をもとに作製されたもので、電磁誘導で測定対象物に同心円状の渦電流を発生させ、測定対象物の傷や腐食を渦電流の変化によってとらえる技術である。本システムでは測定対象物の腐食を検出するためにこの測定装置を 85mm×170mm×60mm の小箱に収まるサイズで作製し、測定時には、この測定装置をノート PC に USB ケーブルで接続して使用するものである。

代表的な渦流探傷検査では、探傷信号から取り出した電圧の振幅や位相などの情報をもとに X-Y グラフを作成し、別途測定した標準となるデータのグラフと比較することで評価に用いる。本システムの原理では、探傷信号を 2 つのロックインアンプに送り、一方は元の 80kHz 交流電流を、他方はそれから 90° 位相をずらした電流を参照信号とし、それぞれの信号から X 信号(V)と Y 信号(V)の 2 つの値を算出する。この X 信号(V)は主に導電率を、Y 信号(V)は主に透磁率を軸に算出した数値であり、2 つの値をグラフ上にプロットすることで導き出される角度  $\theta$  をもとに、腐食状況を評価する。本システムは亜鉛合金や鋼と比較した腐食生成物の導電率や透磁率の値に基づき、腐食生成物を探知したグラフは健全なグラフに比べ角度  $\theta$  が小さくなる点を利用し、評価するものである。

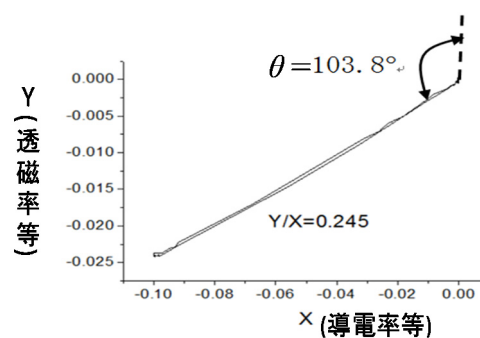


Fig.2 角度  $\theta$  を求める X-Y グラフ

#### 2) 斜張橋ケーブルを想定した室内試験

亜鉛めっき鋼線を束ねたケーブルを想定し、腐食状態の明確な鋼線と腐食の無い健全な鋼線を使用して、厚さ約 10 mm のポリエチレン被覆の上から測定を行った。健全な亜鉛めっき鋼線を 9 本束ねた標準試験体と、9 本のうち 1 本を腐食のある鋼線に差し替えた試験体を用意し、1 本の腐食鋼線の位置や腐食の程度を変えながら標準試験体と交互に測定することで合計 10 ケースの測定を実施した。Fig.3 にその配置を示す。

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

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

試験ケース	溶融亜鉛めっき鋼線の配置	試験ケース	溶融亜鉛めっき鋼線の配置
case1		case7	
case2		case8	
case3		case9	
case4		case10	
case5		○ : 腐食なし ● : 腐食あり(全面腐食) ● : 腐食あり(中程度の腐食) ● : 腐食あり(軽微な腐食) ■ : PE被覆 (t=10mm)	
case6			

Fig.3 試験体の鋼線配置(断面図)

### 3. 試験結果

上記の Case1～Case10 で測定を行った結果、健全な鋼線と腐食のある鋼線の違いが検出できた。各ケースの測定結果のうち代表的な測定波形を Fig.4 から Fig.6 に示す。

下記のグラフのうち、黒線が各ケースの標準試験体、着色線が腐食鋼線を含む試験体の測定波形である。システムの原理に依い、Fig.4 や Fig.5 のように着色線の角度  $\theta$  が黒線より小さい値を示す測定結果が出たケースは、腐食鋼線を検知出来ていると評価できる。全測定のうち、case2 から case8 で同様の結果が得られた。一方で Fig.6 のように黒線と着色線の角度差の読み取りが困難な測定結果

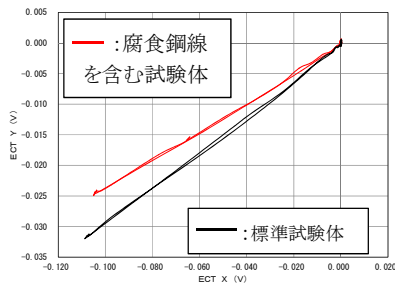


Fig.4 case4の測定波形

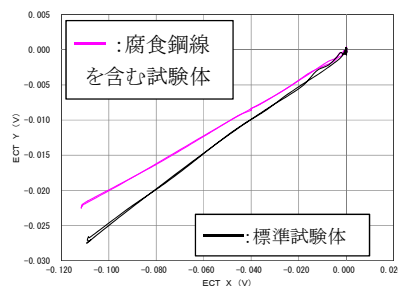


Fig.5 case6の測定波形

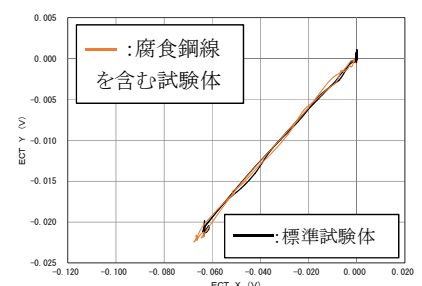


Fig.6 case10の測定波形

が出たケースは評価困難となり、case9 と case10 が同様の波形となった。この結果は、腐食鋼線の腐食の程度の差と合致する。よって、標準試験体と腐食鋼線を含む試験体の測定波形の角度  $\theta$  から、表層の鋼材腐食は腐食の程度に関わらず相対的な比較によって評価可能であり、同時に、軽微な腐食では腐食箇所が表層から離れるほど評価が困難になることが検証できた。

試験の測定結果のほか、まず本システムが厚さ 10 mm のポリエチレン被覆の上からでも電磁波が鋼材に到達し渦流探傷検査が可能であること、同じ厚さのゴム板の上からでも同様に測定が可能であることを確認した。

なお、本システムは磁気を使用する渦流探傷検査であり、地磁気や周囲の磁気の影響で測定数値が変動し、測定結果に影響を及ぼす可能性がある。よって、今回の検証結果に再現性があることを検証する必要がある。後日同じ条件で再度、測定を行った結果、測定波形からの評価の可否において同様の傾向が確認されたため、本システムには再現性があると考えられる。

### 4. まとめ

今回実施した室内試験では、被覆等の上から溶融亜鉛めっき鋼線の数段階の腐食を測定し、当非破壊検査システムの検出性能の評価を行った。その結果、腐食が無く健全と判明している標準試験体と腐食状況を調査したい計測対象との比較試験を行うことで、被覆下の表層近くの鋼材腐食であれば腐食があると評価できることが示唆された。

今後の課題としては、室内試験で得られた結果が限定されているため、さまざまなケースの室内試験を行いシステムの確実性をより高めることが挙げられる。また、実橋でも調査を行い、実橋で活用できるシステムの構築に取り組みたいと考えている。

### 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)