

## プラスチック製光ファイバーセンサーを用いた鋼線表面の腐食検知

中央復建コンサルタンツ 正会員 玉井幸志朗  
 神鋼鋼線工業 非会員 成子実花  
 神鋼鋼線工業 非会員 堀井智紀  
 神戸大学 正会員 ○芥川真一

### 1. 目的

近年、社会インフラの重要な構造物であるコンクリート橋梁の建設において、建設コストと安全性、景観等の観点から斜張橋やエクストラドーズド橋の採用事例が相次いでいる。これらの橋梁においては、荷重分散のための斜材(ケーブル)が重要な構成要素となる。それらのケーブルはポリエチレン樹脂などにより被覆されており、腐食に対しての安全性が極めて高い。しかし、外的要因による被覆損傷により腐食するケースはあるが、高所に配置されていることもあり点検が困難な場合がある。一方で、長寿命化の観点からケーブルの鋼線の健全度診断技術が必要とされてきている。本研究では、プラスチック光ファイバー(Plastic Optical Fiber,以下POF)で製作したセンサーを利用して鋼線表面に発生する白錆と赤錆の発生を検知することができるかを検証した。

### 2. POF センサの概要

光ファイバーとは主にガラスやプラスチックを原料とする細い繊維状の物質で、光ファイバーの片側に光を入射させると光ファイバー内部を通過して、もう片方の端に光を届けることができる。本研究では、光ファイバーのうち、曲げに強く加工しやすいこと、安価に入手できることなどの特徴を持つプラスチック製光ファイバーを加工したPOFセンサーを用いて錆の検知を行う。POFセンサーは光ファイバーを加工したり複数のファイバーを組み合わせたりすることでセンシング部の遮蔽物の有無、色の変化、物質や媒質の変化、変位、傾斜など様々な事象をモニタリングすることが可能である。その中でも、本研究では色の変化をモニタリングすることが可能なReflectionセンサー(以下Rセンサー)を使用している。Rセンサーは光源に接続するファイバーとデータロガーに接続するファイバーからなり、本研究では光源用に1本のフ

アイバーを、その周囲に鋼線からの反射光を受け取りタブレット型データロガーX1<sup>1)</sup>に届ける6本のファイバーを配置したR7センサー(合計で7本のPOFから成る)を用いている。

### 3. 観察実験の概要

塩水噴霧試験によって鋼線表面に部分的に発生させた錆を、R7センサーを使用することで反射光の光の強さや色の変化をモニタリングする。なお、実験試料は亜鉛メッキ鋼線(φ7mm)を使用し、塩水噴霧試験はJIS Z 2371:2015に則って行われている。塩水噴霧試験終了後の実験試料は図1に示す通りである。この鋼線の錆が発生している部分3か所と亜鉛メッキが残っている部分3か所に交互にR7センサーを約10秒間ずつあて、反射光の変化をモニタリングする。赤錆が発生しているB,Cは連続して計測を行い、白色光源に加えて赤色光源での観察実験も行っている。



図1 塩水噴霧試験後の実験試料

### 4. 観察実験の結果

反射光の光の強さの変化は図2~4のようになった。ここで、縦軸は光の強さを表す光強度(Light intensity)という指数を用いている。光強度は光の3原色(Red, Green, Blue)の強さを表すR, G, B値(それぞれ0~255の範囲の値をとる)を基に算出される無次元の値となっており0~442の範囲の値をとる。各グラフの反射光の光の強さを比較すると、赤錆が発生している部分の光強度が小さく、白錆が発生している部分の光強度が大きくなる傾向が見られた。

キーワード 光ファイバー, 亜鉛メッキ鋼線, 白錆, 赤錆

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学工学部市民工学科 TEL 078-803-6015

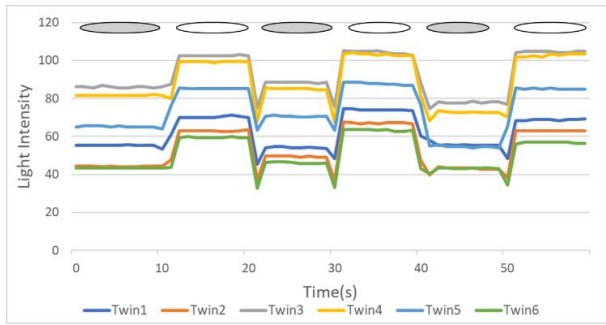


図2 鋼線 A の光強度の変化

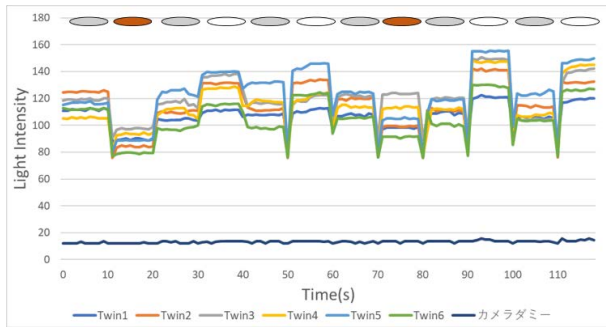


図3 白色光源での鋼 BC の光強度の変化

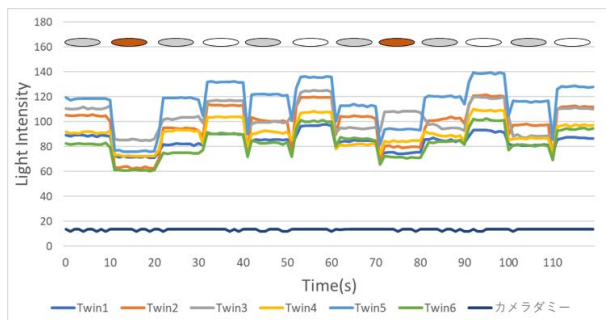


図4 赤色光源での鋼線 BC の光強度の変化

また、データロガーに記録された R, G, B 値を基に色の再現を行ったのが図 5,6 である。また、それらの RGB の割合を保ったまま、より明るく、鮮やかに加工したものが図 7,8 である。なお、図中のイメージは光強度の変化を基に、メッキ部にセンサを当てていた時間をグレーで、錆部にセンサを当てていた時間をそれぞれの錆の色で示している。境目にあたる黄色い部分はセンサを鋼線から離している時間を示している。加工を施さない元データによる色の再現においては、白色光源ではほとんど色の判別がつかない結果となった。赤色光源では赤錆発生部が他の部分よりもやや赤みを帯びて見える結果となったが、実際のモニタリングにおいて明確に赤錆が発生した

#### 参考文献

1) 芥川真一, 井上雅之, 林稔, 松村匡樹, 土本真史: プラスチック製光ファイバーセンサーとスマートフォンアプリを用いた斜面防災モニタリングの低コスト化の実現に向けた研究 Kansai Geo-Symposium, 地盤工学会関西支部, Vol.8, pp.209-214, 2020.11.

と判別するには課題が残る結果となった。加工を施した RGB 値での色の再現においては、白色光源でも一部のセンサが赤錆部で薄い赤茶色を再現できる結果となった。赤色光源においては、全体が赤みがかっている中でも赤錆発生部がより鮮やかに赤色を再現している結果となった。

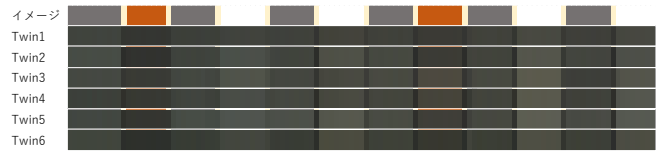


図5 鋼線 BC の色再現 (白色光源)

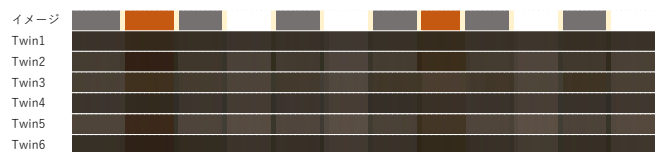


図6 鋼線 BC の色再現 (赤色光源)

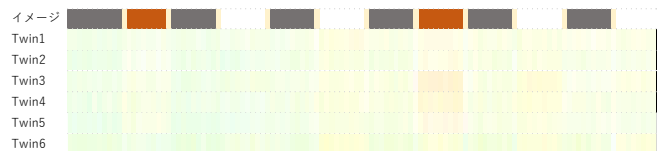


図7 鋼線 BC の色再現 (白色光源・RGB 加工後)

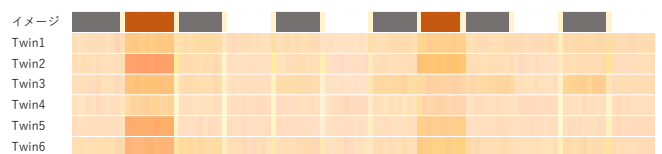


図8 鋼線 BC の色再現 (赤色光源・RGB 加工後)

## 5. まとめ

本研究において、プラスチック製光ファイバーで製作した R7 センサを用いて、反射光の光の強さをモニタリングすることで赤錆と白錆を判別できることがわかった。また、光源や POF センサの設置方法をより詳細に検討することで、解析を必要とせず、リアルタイムで色のモニタリングが可能になることから錆の検知におけるモニタリングコストの削減に貢献できると考えられる。