

静電容量を利用した炭素繊維複合ケーブルに対する新しい非破壊検査法の提案

日大生産工(院) ○玉田 修平 日大生産工 小山 潔
日大生産工(院) 本宮 寛憲 日大生産工(院) 早津 大輔

1 まえがき

炭素繊維複合ケーブル (Carbon Fiber Composite Cable: CFCC) は、PC鋼材などと比較すると比強度や比剛性・耐食性・軽量・低線膨張が優れているので、腐食環境下における構造物補強材やコンクリート建造物への適用拡大がされている。その一方で、橋梁等の鋼ワイヤーケーブルに対する健全性診断である非破壊検査法は開発適用されているが、CFCCに対する適切な非破壊検査については筆者らが知る限りでは提案されていないようである。そこで、CFCCの1本の単線のみを接地電極とし円筒状の銅電極をCFCCに外装し、この銅電極とCFCC間の静電容量により交流電流を誘導し、この誘導電流による磁束の変化を差動検出コイルで検出する手法(以降、円筒状電極誘導法と称す)を提案する。今回は、円筒状電極誘導法の原理検証実験と銅電極の長さを変えた時の結果について報告する。

2 円筒状電極誘導法の原理

CFCCは、直径5mmの炭素繊維単線を数本寄り線状にしたケーブルである。炭素を含有するので金属に比べて低いが導電性を有し、単線の表面は絶縁されているが断面からは導通可能である。図1は銅電極とCFCC間で静電容量が発生する原理を示す。提案する円筒状電極誘導法は、任意1本の単線を接地電極とし円筒状の銅電極をCFCCに外装し、この銅電極とCFCC間の静電容量により交流電流を誘導させ、誘導電流による磁束を差動検出コイルで検出する方法である。差動検出コイルは、2つの貫通コイルから構成される。損傷がない場合には、CFCCの誘導電流が同様であれば差動検出コイルであるから原理的に信号は発生しない。一方、CFCCに損傷がある場合には、損傷近傍での誘導電流の大きさに差異が生じ、損傷部では2つのコイルの起電力に差が生じ信号を発生する¹⁾。

3 実験方法および測定方法

図2に作製したプローブの概略を示す。厚さ0.2mmの銅板を外径13mmの円筒状に加工し電極とした。銅電極の長さは25、50、75mmを用意した。差動検出コイルの寸法は、内径13mm巻線断面積 $3 \times 3\text{mm}^2$ 、間隔1mmであり、コイル巻数500回である。試験体には東京製鋼(株)社製の径12.5mmのCFCC(1×7 12.5)を用いた。初めに、提案する円筒状電極誘導法の原理の検証実験として、試験周波数を変えた場合や円筒状銅電極の長さが異なる場合の電極側から見たCFCCのインピーダンス変化を観測した。次に、人工的に作製した損傷(CFCC外側6本中4本を破断)の検出実験を行った。試験周波数2MHz、交流電圧8Vとし、差動検出コイル内にCFCCを通過させて信号を得た。

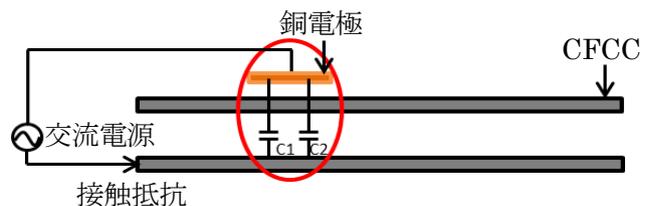


図1 銅電極とCFCC間の静電容量

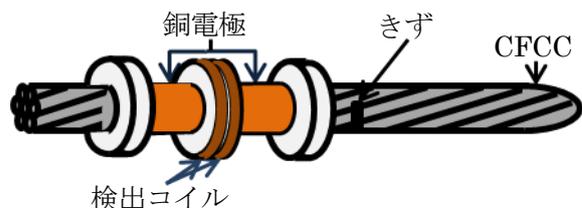


図2 プローブ概略

4 実験結果および検討

図3に試験周波数2MHzで円筒状銅電極の長さに対するCFCCのインピーダンス変化を示す。円筒状銅電極の長さに対して反比例的に減少した。電極側から見たCFCCのインピーダンスを $Z = \sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}$ と等価的に置くと、円筒状銅電極が短ければ銅電極とCFCC間の静電

Proposition of a new non-destructive inspection method for carbon fiber composite cable using capacitance

Shuhei TAMADA, Kiyosi KOYAMA, Daisuke HAYATSU and Tomonori HONGU

容量が小さくなるので銅電極の長さに反比例することの実験結果を裏付けている。図4(a)、(b)、(c)に差動検出コイルの位置に対する検出信号を示す。Fig4(b)と(c)の信号を比較すると銅電極の長さ75mmの方が損傷部分に対して大きく反応していることがわかる。また、全ての実験結果において損傷部分より小さい信号ではあるが、雑音が出ていることがわかる。図5の銅電極長さに対するSN比については、銅電極50mmにおいて1番高い数値を得た。

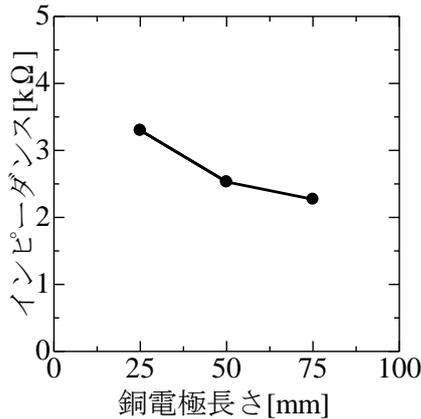
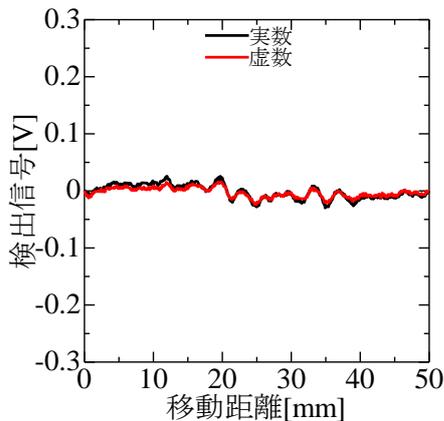
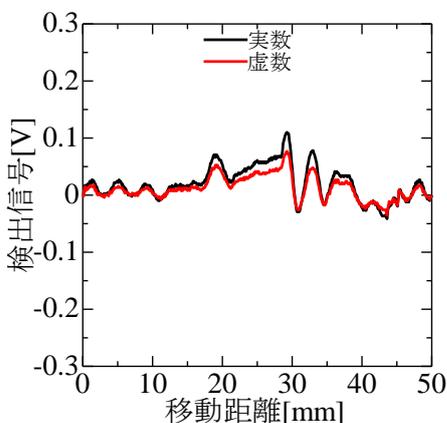


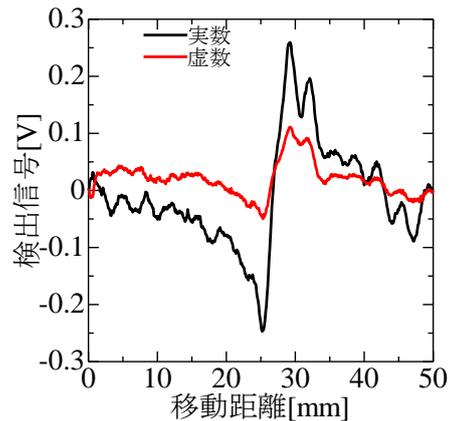
図3 銅電極長さに対するインピーダンス変化



(a) 銅電極 25mm 損傷無



(b) 銅電極 25mm 損傷有



(c) 銅電極 75mm 損傷有

図4 移動距離に対する検出信号

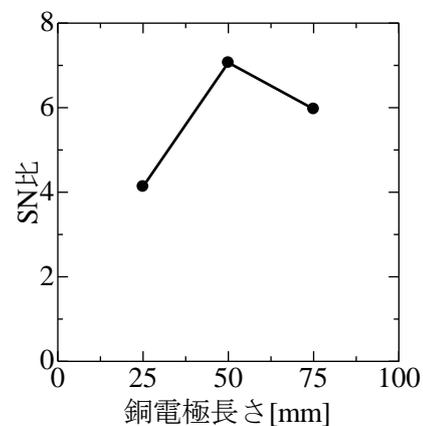


図5 銅電極長さに対するSN比

5 まとめ

炭素繊維複合ケーブル(CFCC)の損傷検出法に関する検討を行った。円筒状の銅電極とCFCC間の静電容量により電流を誘導し誘導電流による磁束を貫通型の差動検出コイルで検出する円筒状電極誘導法を提案した。供試験体に人工的に作製した損傷(破断)を本手法により明瞭に検出できることを確認した。また、CFCCのインピーダンスが円筒状銅電極の長さに反比例して減少することから、原理の妥当性を確認した。銅電極長さに対するSN比については、銅電極50mmが1番高い数値を得た。今後、銅電極の長さとのSN比の特性について検討していく必要がある。また、雑音の除去法など更に検討を行う。

参考文献

- 1) 小山 潔、本宮寛憲：静電誘導による炭素繊維複合ケーブルに対する非破壊検査法の提案、第6回日本複合材料会議、(2015)