炭素繊維複合ケーブルに対する交流電圧印加法による損傷検出について

日大生産工(院)	$\bigcirc$	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、筆者らは単線間の静電容量により交流電流 を誘導し差動検出コイルで検出する手法(交流 電圧印加法と称す)の適用や円筒状の銅電極と CFCC間の静電容量により交流電流を誘導し 差動検出コイルで検出する手法(円筒状電極誘 導法と称す)の適用など種々試み報告した1)。今 回は、交流電圧印加法を用いてCFCCの太さが 異なった場合においての原理検証実験と損傷 結果について報告する。

# 2 交流電圧印加法

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。提案する交流電圧印加法は、CFCC 断面から電極により交流電圧を印加し、単線間 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の誘導電流が一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。-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、損傷部位で は2つのコイルの起電力に差が生じ信号を発生 する。

### 3 実験方法および測定方法

Fig.1に交流電圧印加法の概略図を示す。試 験体のCFCCには、単線7本(1×7 12.5 $\phi$ ,以降 CFCC7)と19本(1×19 22.5 $\phi$ ,以降CFCC19) を寄り線状にした2種類の太さの異なるケーブ ルがある。導電性テープをCFCC断面に貼り付 けて印加電極に用いた。差動検出コイルの寸法 は、CFCC7の際は内径13mm巻線断面積3× 3mm<sup>2</sup>、間隔1mmであり、コイル巻数1000回 である。また、CFCC19の際は内径23mm巻 線断面積3×3mm<sup>2</sup>、間隔1mmであり、コイル 巻数700回である。

初めに、提案する交流電圧印加法の原理の検 証実験として、試験周波数を変えた場合や CFCC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(CFCC7の場合外側6本 中4本を破断、CFCC19の場合外側18本中13本 を破断)の検出実験を行った。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。





4 実験結果および検討

**Fig.2**に交流電圧の周波数に対する**CFCC**の インピーダンス変化を示す。なお、**CFCC**長さ は990mmで**CFCC7**と**CFCC1**9で比較した。 **Fig.3**に交流電圧の周波数に対する**CFCC**のイ

Flaw Detection by AC Voltage Applied Method for Carbon Fiber Composite Cable (CFCC)

Shuhei TAMADA, Kiyosi KOYAMA, Daisuke HAYATSU and Tomonori HONGU

ンピーダンス変化を示す。CFCC19でCFCCの 長さが330mm、660mm、990mmと異なるも のを比較した。Fig.2とFig.3の結果から周波数 及びCFCCの本数や長さに対してインピーダ ンスが反比例的に減少した。CFCCのインピー ダンスを

$$Z = \sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega c})^2} \cdots (1)$$

と等価的に置くと、CFCCの面積が大きくなる とCFCC間の静電容量が大きくなるので CFCCの本数に反比例すること、周波数に対し て反比例することの実験結果を裏付けている。

Fig.4とFig.5に差動検出コイルの位置に対 する検出信号を示す。CFCC7とCFCC19いず れも30mmの位置に損傷があり、信号が発生し ていることから損傷を検出可能であることが わかる。



Fig.2 Impedance vs. frequency



Fig.3 Impedance vs. frequency



Fig.4 Damage signal by proposed method(CFCC7)



Fig.5 Damage signal by proposed method(CFCC19)

# 5 まとめ

炭素繊維複合ケーブル(CFCC)の太さが異なった場合において損傷検出結果に関する比較検討を行った。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CFCCの面積に反比例して減少することからCFCCの太さが異なった場合においても適用可能であることを確認した。今後、雑音の除去法など検討を行う。

#### 参考文献

1)玉田 修平、小山 潔: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 検査法の提案、JSNDI 平成27年度秋季講演大 会