

高速カメラを活用した送電鉄塔の部材交換箇所特定の試み

九州大学 正会員 ○辻 徳生

東電設計(株) フェロー会員 中村 秀治 正会員 山崎 智之

1. はじめに

橋梁をはじめとした多くの社会基盤施設の経年劣化が進行しており、効率的かつ精度良く構造物の劣化状況を把握するための構造物ごとの診断技術が検討されている。鉄塔、電柱、煙突などの片持ち梁形状の構造物については、主要な固有モードの分離が、実験・実測的にも解析的にも比較的容易で、固有モードの経年劣化に伴う変化に着目した検討がなされている^{1),2),3)}。ここでは、昨年に引き続き、経年鉄塔の劣化診断技術の確立に資するため、経年劣化に伴う部材交換工事前後の実鉄塔(K線No.14, No.15, No.18 鉄塔3基(塔高:36~39m, 電圧:66kV)の常時(風速2m/sec程度)における微小変位計測を行い、①固有モード算出における高速カメラの適用性、②鉄塔の劣化診断のための数値処理技術についての検討結果を報告する。



図-1 K線 No.15 鉄塔

2. 部材交換前の計測対象鉄塔の固有振動解析

K線 No.15 鉄塔(山形鋼鉄塔, 塔高:36.0m, 鉄塔重量:7.633Ton)の固有振動解析を行った。解析モデルの鋼の密度は36%上げているが、ガセットプレート、重ね継手、ボルト、梯子等の付属物の影響で、鉄塔実重量が解析モデル重量の30~40%増は一般的である。碍子重量は、腕金当たり、320kg(図-2,左側腕金先端), 430kg(図-2,右側腕金先端)であるが、2/3(66%)が有効として解析を行った。片持ち梁としてのモードは3次モードまで(線路直交方向曲げ, 線路方向曲げ, 振り)で、他はすべて局所的な部材振動モードであった。

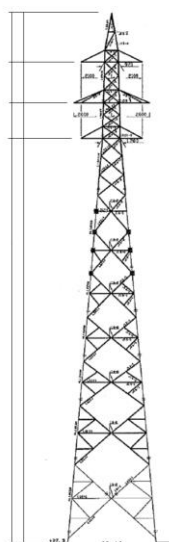


図-2 計測鉄塔の形状

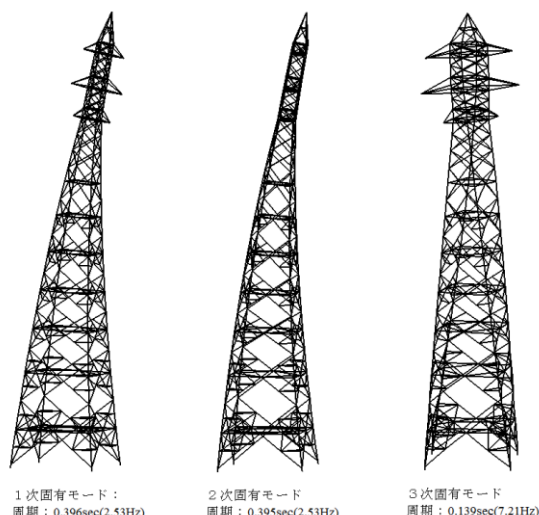


図-3 固有振動解析結果

3. 現地計測

図-4に示す通り、カメラを鉄塔下部のコンクリート基礎におき、上向きにして1000mm相当の焦点距離で動画を撮影する。カメラは、通常のフレームレートのカメラ1(Canon: PowerShot SX50-HS)と高速撮影可能なカメラ2(Panasonic:DMC-FZ200)を用いた。設定は、カメラ1は、30Hz解像度1080X1920で撮影を行い、カメラ2は、120Hz(1280x720)である。カメラ1の計測画像の一例を図-5に示す。鉄塔の下から上まで一枚の画像の中に収まっており、ステップボルト先端などをターゲットにすれば、多数点の水平方向変位が同時計測可能であることがわかる。



図-4 現地計測状況

キーワード 送電鉄塔, 高速カメラ, 固有振動モード, 維持管理, 部材交換

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 九州大学大学院システム情報科学研究科情報知能工学部門
 TEL: 092-802-3597 E-mail: tsuji@ait.kyushu-u.ac.jp

4. 計測結果と考察

テンプレートマッチングにより特徴点の追跡を行う。テンプレートマッチングとは、最初に図-5の右上に示すような小領域の画像を準備し、その画像と類似した領域を計測画像内から探索する手法である。探索範囲を限定することにより画像内に類似領域が含まれていても領域を特定できる。さらに画像の類似度が最小の点とその近傍の情報を統合し、画像の解像度よりも細かいサブピクセルまで小領域の位置を推定できる。



図-5 計測画像の例

本研究では、ステップボルトの先端や腹材の角などの複数の小領域画像の追跡を行った。小領域は鉄塔の上部から下部まで含まれるように選択した。

図-6にカメラ2の2つの計測点の計測結果の例を示す。振動が計測され、さらに、2つの計測点で異なる振幅が確認できる。複数の周期が観測され、高速カメラでのみ取得可能なより高い周波数の振動も計測できている。

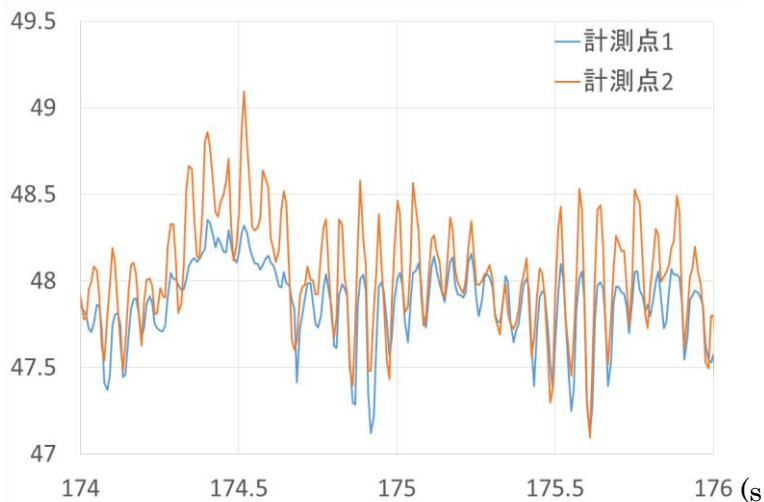


図-6 計測結果の例

計測されたデータを用いて振動モードを計算し、部材交換前と交換後の振動モードの比較を行う。紙面が限られており、詳細は発表にて報告する。

特徴点の追跡ではサブピクセル演算を行っているため、画像上の画素サイズよりも小さい振動を計測できているが、振幅は大きくても画像1画素の幅よりも小さい。風が強い日であればより大きな振動が計測できると考えられるため、今後、強風時の計測データを収集し、さらなる検討を行う。

5. むすび

経年鉄塔の劣化診断のための一手法として、高速カメラを用いた計測システムの確認実験を行った。高速カメラを用いた手法は、マーカレスであっても、ステップボルトなどをターゲットに選択することで、地上から観測でき、メンテナンスの必要性もないため有効である。また、起振器や人力加振で強制的に鉄塔に揺れを生じさせなくても、自然風あるいは交通振動などに起因した常時の揺れで診断に必要な振幅に達しており、十分計測可能なことが確認された。今後、僅かな振動変位から振動モードを精度よく推定できる手法を確立し、鉄塔の維持管理に有効なことを明らかにしていく予定である。

謝辞 現場計測にあたり東京電力(株)京葉支社に御協力いただきました。ここに深謝いたします。

参考文献

- 1) 佐竹亮一, 中村秀治, 石井抱, 辻徳生, ビジョンシステムを用いた振動特性の変化による劣化検出方法の検討, 土木学会平成19年度全国大会第62回年次学術講演会, I-385, 2007.
- 2) 由良慎弥, 中村秀治, 藤井堅: 階層型ニューラルネットワークを用いた構造物の損傷部材推定システムの実験的検討, 土木学会平成23年度全国大会第66回年次学術講演会, I-548, 2011.
- 3) 辻徳生, 中村秀治, 能勢晃太郎: 高速カメラを活用した送電鉄塔のボルト緩み箇所特定の試み, 土木学会平成26年度全国大会第69回年次学術講演会, I-543, 2014.