# 高解像度カメラを活用した送電鉄塔の劣化診断の実用化に向けた検討

東電設計(株)	正会員	○栗原	幸也
金沢大学	正会員	辻	徳生
東電設計(株) フェロ	コー会員	中村	秀治
東京電力パワーグリット(株)	正会員	山崎	智之

## 1. はじめに

塔状トラス構造物の代表例として挙げられる送電鉄塔に おいて,部材腐食,ボルト緩み,基礎変位,部材変形,疲 労亀裂などの経年劣化事象が近年発生しており,このよう な劣化事象を詳細に診断するためには,作業者が昇塔して 診断せざるを得ず,作業時間や手間が多大であることに加 えて,作業者による診断レベルのばらつきが生じる可能性 がある.

そこで著者等は,客観的かつ定量的に劣化程度をクラス 分けできる簡易な方法として,高解像度カメラを用いた振 動モード推定を提案している.<sup>1)</sup>本報告では,鉄塔の振動 挙動および特性把握のために加振試験を実施した際に,本 手法の屋外環境での変位計測精度を検証した結果について 示す.また,常時微振動計測を実施し,解析結果から得ら れた固有振動数と比較した.

## 2. 実規模鉄塔試験の概要

対象鉄塔を図-1に、図-2に高解像度カメラと対象鉄塔の 位置関係を示す.対象鉄塔の高さは約75m,重量は 63.05[ton]である.高解像度カメラは、対象鉄塔の中心から 水平距離約100[m],鉛直距離25[m]離れた位置に3台の高 解像度カメラを設置した.

図-1に当該鉄塔に設置したマーカの様子を示す.マーカ は、プラ板とアングルにより作成し、中心に直径 10cm の 円を描き、シャコ万により表-1の地上高に計6箇所設置し た.なお、1台の高解像度カメラで2箇所のマーカを撮影 し、計6箇所を3台のカメラで計測した.

計測に使用した 4K カメラの仕様は光学ズーム倍率 60 倍, 焦点距離 20-1200mm, 解像度 3840×2160, フレームレート 30[Hz]である.カメラを固定する三脚は, 三脚からのノイ ズの影響を最小限にするため, 剛性の高い測量用の三脚を 使用した.鉄塔頂部に加振機を設置し,対象鉄塔の 1 次 (0.77[Hz]), 2 次 (2.17[Hz]), 3 次 (4.32[Hz]) モードで揺 れるように加振した.加振力は, 1 次 (588.4 [kN]), 2 次,



図-1 計測対象の実規模鉄塔と設置マーカの様子



図-2 試験概要

表-1 マーカ位置の片振幅解析結果

Ý	ーカ位置 [m]	1 次 片振幅 [cm]	2 次 片振幅 [cm]	3次 片振幅 [cm]
(	74.40	27.41	1.55	1.01
2	66.40	19.56	0.36	0.57
3	57.70	12.72	0.64	0.50
4	49.00	8.05	0.77	0.27
5	37.00	3.86	0.60	0.31
6	25.65	1.63	0.35	0.26

3次(98.1 [kN])で加振した. その際,解析によるマーカ位置の変位計算結果を表-1 に示す.

キーワード 送電鉄塔,高解像度カメラ,固有振動モード,維持管理,部材交換

連絡先 〒135-0062 東京都江東区東雲 1-7-12 東電設計株式会社電気本部 Tel. 03-6372-5510 E-mail: <u>t.kurihara@tepsco.co.jp</u>

#### -510

## 3. 計測結果

## 3.1 常時微振動結果

常時微振動で 1 次固有振動数を計測したところ 0.775[Hz]となり,解析結果と同様であったが,高次の 固有振動数はシグナルが小さいため確認することが出 来なかった.また,後述する加振試験では位相差を修 正することでモード形状を確認出来るが,時刻同期さ れていないカメラでは常時微振動時のモード形状を確 認することは出来なかった.

## 3.2 加振試験結果

表-1 に示したマーカ位置で,加振力の振動数が1次 から3次の固有振動数(解析値)に達した際の応答変 位波形を図-3~図-5 に示す.なお,今回使用したカメ ラは時刻同期していないため,位相差が生じている.

図-3~図-5の横軸は時間[s],縦軸は振幅[cm]であり, 赤線は①(地上から74.40[m]),緑線は②(地上から 64.40[m]),紫線は③(地上から57.70[m]),水色線は ④(地上から49.00[m]),オレンジ線は⑤(地上から 37.00[m]),青線は⑥(地上から26.65[m])の変位応 答である.今回の撮影状況での計測精度は理論上 0.3125[cm]程度である.

図-3 より、1 次固有周期では最大片振幅 27.29[cm] (①:赤線)、最小片振幅 1.67[cm](⑥:青線)を計測 した.最小片振幅での計測結果と解析結果との振幅誤 差は約 0.04[cm]程度と精度よく計測できた. 図-4、5 より、変位応答の小さい高次モードでも振幅波形をは っきりと捉えられることを確認した.ただし、3 次で はサンプリングレートの不足より、やや波形の分解能 が不足している.2次3次の頂部振幅は2次(1.46[cm])、 3次(0.93[cm])と解析結果との振幅誤差は約 0.10[mm] と1 次と比べて誤差が大きくなったが、1 台のカメラ で1つのマーカを計測し、サンプリングレートをより 細かくすることで、計測精度は上昇すると考えている. 図-3~図-5 より、1 次~3 次モード形状を図-6 に示



す.図-6より、加振機を用いることで1次から3次までのモード形状を捉えられることを確認した.

## 4. まとめ

本システムを用いて常時微振動では1次の振動特性を,加振試験では3次までの振動特性を把握できた. また,カメラの解像度によって精度が向上するため,カメラ性能の今後の向上や撮影方法によっては,より 高精度な計測を実施できると考えている.

 謝辞: 現場計測にあたり東京電力パワーグリット(株)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) 辻徳生,山崎智之,中村秀治,栗原幸也,関英俊,高解像度カメラを用いた経年送電鉄塔の劣化 診断に関する検討,土木学会 構造工学論文集Vol.63A, 9-0012, 2017.