

送電用鉄塔のバフエッティングに対する疲労評価法

(財)電力中央研究所 正会員 ○高島 大輔
 (財)電力中央研究所 正会員 石川 智巳

1. 序論

既設送電用鉄塔においては、経年化に伴う腐食、部材の変形などの劣化事象だけでなく、場合によっては、部材のき裂発生が懸念されている。き裂の発生要因は、風に起因する変動荷重作用による疲労と考えられてきた。この点を踏まえ、送電設備の維持管理では、疲労に対する対処として、もっぱら事後保全が採用されている。一方、予防保全として累積疲労損傷度の算出による疲労評価を行った事例¹⁾もあるが、確立した疲労評価法は構築されていない。今後、経年化した送電設備がますます増加することを勘案すると、風に起因する変動荷重作用に対する送電設備の合理的な疲労評価法の構築が急務となっている。そこで、本研究では送電用鉄塔のバフエッティング²⁾に対する疲労評価法を構築した。

2. 送電用鉄塔のバフエッティングに対する疲労評価法

架渉線を有する送電用鉄塔の応答は、風向や風速の影響を強く受ける。さらに、様々な地域に多数建設されているため、簡易な疲労評価法が求められる。そこで、本研究では、鉄塔建設位置の風の特性を考慮した簡易な疲労評価法を構築した。以下にその手順を示す。

(1) 風向別風速頻度分布の推定

風速は10分間平均風速(以下、風速)とし、中弱風と強風に分類した上で、それぞれについて1m/sec毎に一年間の発生頻度を算定する。中弱風に対しては風環境評価に一般的に用いられているWeibull分布、強風に対しては台風モデルによるモンテカルロ法により評価する方法とした。これらの手法では、鉄塔建設位置における風向別の風速頻度分布の推定が可能である。

(2) 送電用鉄塔のバフエッティングの評価

送電用鉄塔及び架渉線のバフエッティングに対する動的応答値と等価となる静的な荷重(以下、等価静的風荷重)を鉄塔に作用させ、各構造部材に発生する変動応力の標準偏差を算出する。この算出法の適用により、任意の風向・風速に対し、解析時間の要する時刻歴応答解析や周波数応答解析を実施することなく、短時間での応答の評価を可能にした。

(3) 応力振幅の発生頻度分布の推定

送電用鉄塔のバフエッティングが、狭帯域応答であると仮定し、構造部材に発生する応力振幅の発生頻度分布をRayleigh分布で近似する²⁾。この分布の確率密度関数は、(2)で算出した標準偏差より求める。これより、応力変動の期待周波数(送電用鉄塔の1次固有周波数と仮定)から風向・風速別に10分間における応力振幅の発生頻度分布が得られる。

(4) 累積疲労損傷度の算出

(1)、(3)より得られる風向・風速別に一年間における応力振幅の発生頻度分布と疲労強度曲線を用いて、修正マイナー則に基づき累積疲労損傷度を算出する³⁾。

3. 評価法を用いた累積疲労損傷度解析

3.1 解析モデルと解析地点

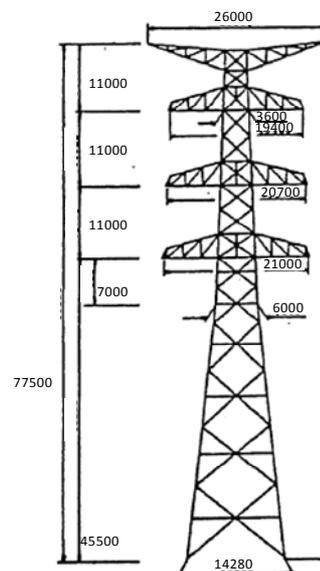


図1 モデル鉄塔

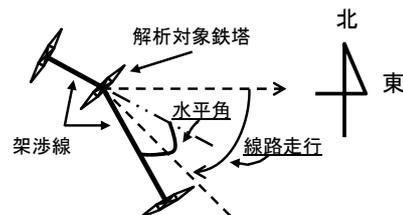


図2 鉄塔のパラメータ

キーワード 送電用鉄塔, バフエッティング, 風向特性, 応力振幅, 累積疲労損傷度
 連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所 地球工学研究所 TEL:04-7182-1181

モデル鉄塔に対し、本評価法を用いて累積疲労損傷度を算出した。モデル鉄塔は、図1に示す500kV鉄塔とし、5地点の気象官署の風向別風速頻度分布を用いた。また、モデル鉄塔のパラメータ（水平角、線路走行、図2参照）についても、各地点によって異なるものとした。各モデル鉄塔のパラメータを表1に示す。ただし、Tower_eに関しては、線路走行を0°から22.5°ピッチで変えた16ケースについても解析を行い、累積疲労損傷度が最大となった線路走行について示した。

3.2 解析地点の風特性

図3、図4に福岡気象官署及び那覇気象官署の一年間の風向別風速頻度を、中弱風と強風に分けて示す。中弱風においては、那覇では北から東にかけて発生頻度が分布しているが、福岡では、特に北及び南東で発生頻度が多くなっている。一方、強風においては、福岡では北から東にかけて発生頻度が多くなっているのに対し、那覇においては全風向にかけて分布し、さらに福岡に比べて風速も大きくなっていることがわかる。また、一年間における強風の発生頻度は、福岡で0.64%、那覇で1.46%であった。

3.3 解析結果

表2に各モデル鉄塔における、最も累積疲労損傷度の大きい部材の累積疲労損傷度を示す。表2よりTower_eにおける累積疲労損傷度が5つのモデル鉄塔の内、最大となっており、Tower_aにおいて最小になっていることがわかる。

また、図5にTower_eにおける、線路走行による累積疲労損傷度の違いについて示した。図4より、累積疲労損傷度は線路走行により差異が生じることがわかる。

4. 結論

鉄塔建設位置の風の特性を考慮した簡易な送電用鉄塔のバフェッティングに対する疲労評価法を構築した。この評価法により、送電用鉄塔の補修・点検の必要性を判断することができるものと考えられる。

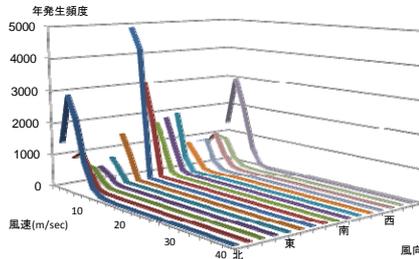
参考文献

- 1) 耐用年間における送電用鉄塔の累積疲労損傷期待値の検討 日本鉄塔協会誌 第61号 pp.1-10 1984.11
- 2) 建築物の耐風設計 大熊武司, 神田順, 田村幸雄 鹿島出版社 1996
- 3) 鋼構造物の疲労設計指針・同解説 日本鋼構造協会 技報堂出版 1993

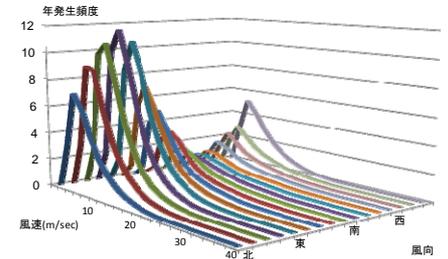
注) 風の乱れによる建築物の振動

表1 各モデル鉄塔の解析諸元

モデル名	立地地点	水平角	線路走行
Tower_a	福岡	15	157.5
Tower_b	熊本	15	90
Tower_c	宮崎	15	112.5
Tower_d	鹿児島	10	67.5
Tower_e	那覇	10	202.5

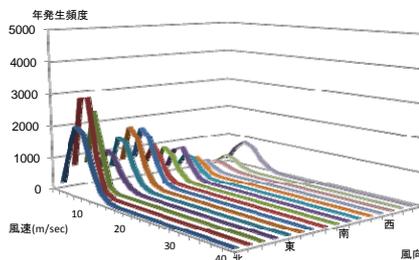


(a) 中弱風

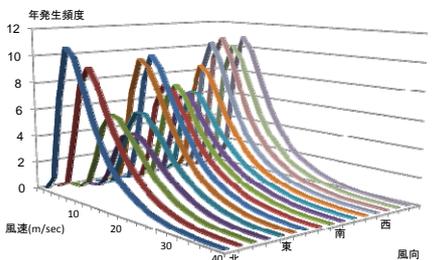


(b) 強風

図3 福岡気象官署における一年間の風向別風速頻度



(a) 中弱風



(b) 強風

図4 那覇気象官署における一年間の風向別風速頻度

表2 各モデル鉄塔における累積疲労損傷度の最大値

モデル名	Tower_a	Tower_b	Tower_c	Tower_d	Tower_e
一年間の累積疲労損傷度	3.35E-05	3.66E-05	1.49E-04	1.00E-03	8.58E-02

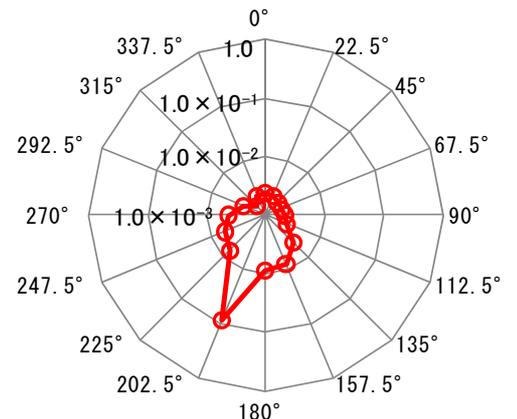


図5 線路走行による累積疲労損傷度の違い (角度は線路走行を示す。)