

実送電用鉄塔を対象とした動態観測（その4） 部材振動発生メカニズムについての考察

電力中央研究所 正会員 ○高畠 大輔
 電力中央研究所 正会員 佐藤 雄亮
 電力中央研究所 正会員 石川 智巳

1. はじめに

送電用鉄塔では、腹材や2次部材に細長い鋼管部材が用いられる場合があり、これらの部材は風により振動することが知られている。このため、継手のき裂発生やボルト緩みなど、繰返し応力による影響が懸念されている。当所では、実送電用鉄塔を対象に動態観測を実施^{[1][2][3]}しており、その一環で部材振動に着目した観測を実施している。本報では、観測記録から推定される部材振動発生メカニズムについて述べる。

2. 観測部材の固有振動数

図2.1は観測対象部材の様子を示す。部材端から1/4の位置で部材加速度3成分、近傍の風向風速を計測しており、継手形状や観測記録から図面Z方向の振動が卓越することがわかっている。以下では、Z方向の振動のみについて示す。図2.2に加速度のパワースペクトル密度を示

す。同図より、それぞれ1次固有振動数4.0Hz、2次固有振動数15.3Hzが読み取れる。

3. 風向風速と加速度応答の関係

図3.1は、ある1か月間を対象とした8風向別の部材直交成分の平均風速（以下、風速）と加速度の標準偏差（以下、RMS）の関係を示す。ただし、風向は図3.2に示す鉄塔座標系に基づいた風向であり、平均風速およびRMSは10秒間で評価した。また、図3.1には次式で示す換算風速も示した。

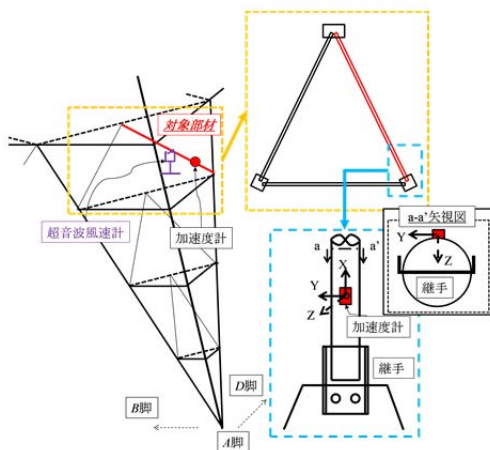


図 2.1 対象部材

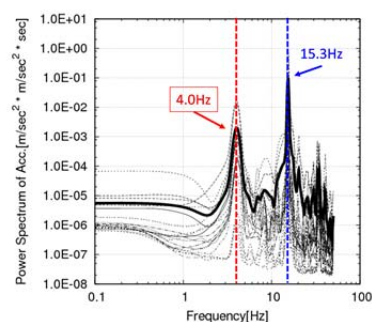


図 2.2 パワースペクトル密度

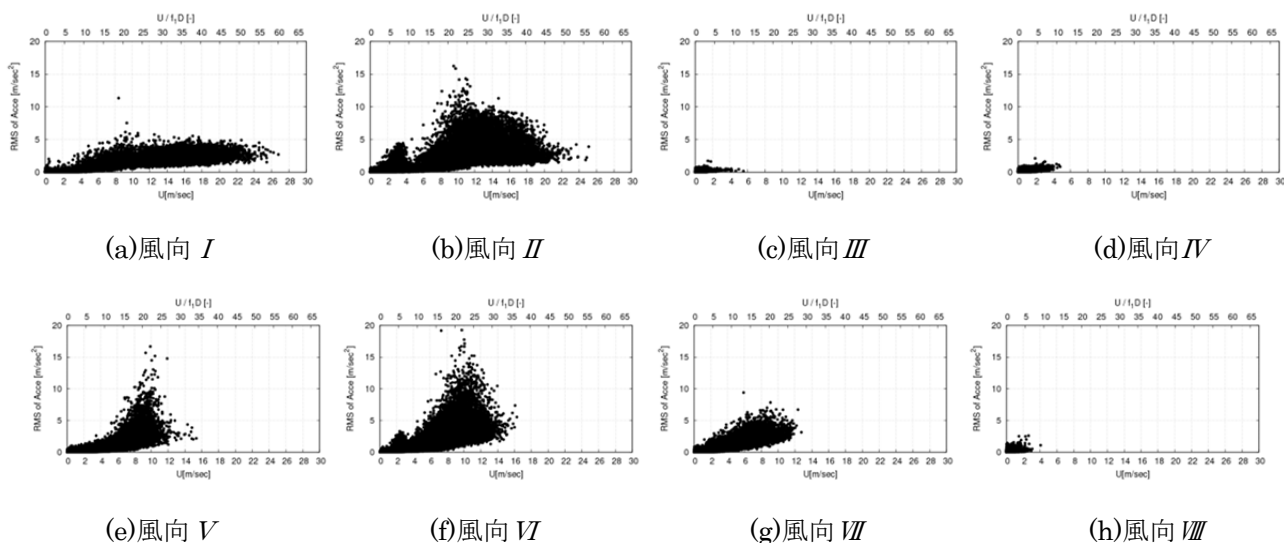


図 3.1 風向別の風速と加速度の標準偏差（RMS）の関係

キーワード 部材振動, 発生メカニズム, 渦励振, レインバイブレーション, バフエッティング

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 電力中央研究所 地球工学研究所 TEL 04-7182-1181

$$\hat{U} = U/fD \quad (3.1)$$

ここに、 $\hat{U}$:換算風速、 U :風速、 D :部材の直径、 f :部材の固有振動数であり、1次固有振動数を用いた。

図 3.1 から、風向によらず風速の増加に伴い RMS が増加しており、バフエッティングによる振動が発生していることが予測される。一方、風向 II 、 V では、風速 2~4m/s 付近に、風向 II 、 V では、風速 10m/s 付近に RMS のピークが確認できる。さらに、風向 II では風速 10m/s~20m/s にかけて大きな応答が確認できる。

4. 部材振動発生メカニズムの推定

図 4.1 は RMS にピークが確認された風向 II 、 V 、 VI について、風速と 1 次及び 2 次固有振動数に対するパワースペクトル密度の値(以下、それぞれ PSD1, PSD2)を示す。図 3.1 の RMS と PSD1 の比較から、風向 II 、 VI における風速 2~4m/s 付近のピークが一致すること、図 3.1 の RMS と PSD2 の比較から、風向 II 、 V 、 VI における風速 10m/s 付近のピークが一致することがわかる。これらにピークに対して、式(3.1)左辺の逆数で評価されるストローハル数を、それぞれ 1 次及び 2 次固有振動数を用いて計算すると、0.11~0.22, 0.17 となる。円柱のストローハル数は 0.2 であり、傾斜円柱の場合は 0.2 より小さくなることが知られている^[5]。以上から、これらのピークは、1 次及び 2 次固有振動数に対する渦励振の発生によるものと推定できる。

図 4.2 は、風向 II における RMS, PSD1, PSD2 と風速の関係を、雨天時と雨天時以外に分けて示したものである。ここでは、近傍のアメダス^[4]の記録を参考に分類した。風速と RMS の関係から、風向 II における風速 10m/s~20m/s にかけての大きな応答は、雨天時に発生していることがわかる。また、この時の換算風速は 20m/s を超える高風速であることから、レインバイブレーションによる振動が発生した可能性が示唆される。さらに、風速と PSD1 の関係から、レインバイブレーション発生時は、1 次モードが卓越していることが予想される。

5. おわりに

観測記録に基づき、部材振動発生メカニズムを分析し、その結果、発生メカニズムとして①バフエッティング、②1 次及び 2 次の渦励振、③レインバイブレーションと予測される振動の 3 つの振動現象が示唆された。

今後、これらの発振条件の明確化、疲労損傷への寄与について検討を進める。

謝辞

本観測にあたり、東京電力(株) 殿には多大なご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1]実送電用鉄塔を対象とした動態観測(その1), 佐藤雄亮他, 第66回土木学会年次学術講演大会概要集, 2011
- [2]実送電用鉄塔を対象とした動態観測(その2), 高島大輔他, 第66回土木学会年次学術講演大会概要集, 2011
- [3]実送電用鉄塔を対象とした動態観測(その3), 佐藤雄亮他, 第67回土木学会年次学術講演大会概要集, 2012
- [4] <http://www.jma.go.jp/jp/amedas/>, 気象庁

[5] 風工学

ハンドブック・構造・防災・環境・エネルギー, 日本風工学会, 朝倉書店, 2007

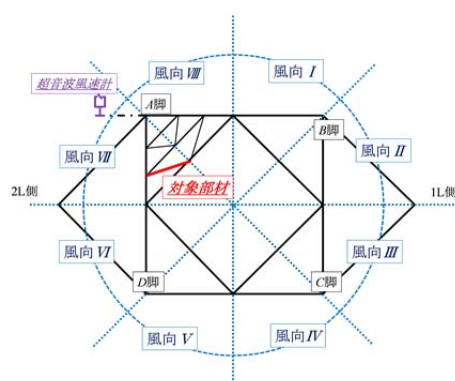


図 3.2 鉄塔座標系における風向の定義

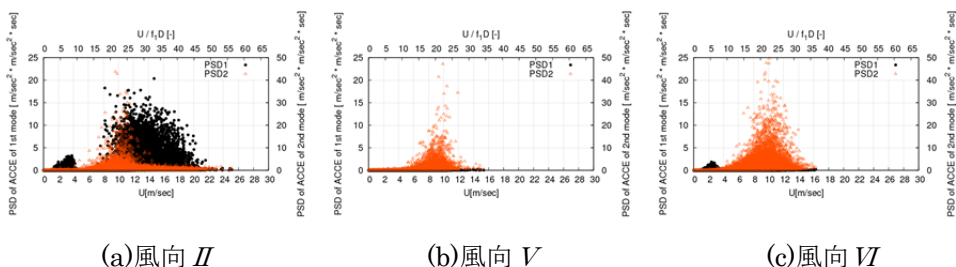


図 4.1 風速と PSD1 及び PSD2 の関係

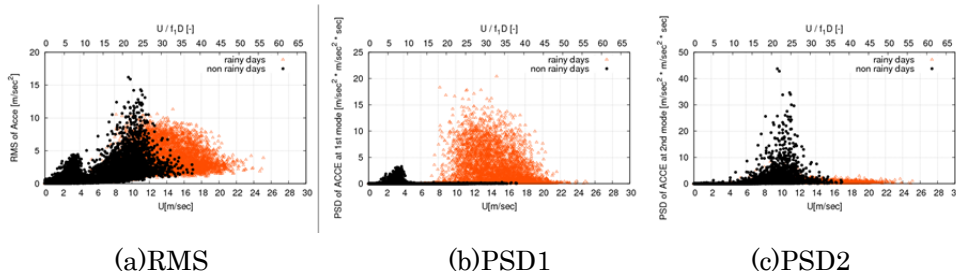


図 4.2 レインバイブレーション時の風速と応答の関係