

円柱部材の渦励振における迎角・傾斜角の影響評価

電力中央研究所 正会員 ○高畠 大輔
電力中央研究所 正会員 松宮 央登

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、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る振動が生じることが知られている。このため、継手部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。これまでに当所では実機の送電用鉄塔を対象に動態観測を実施しており、渦励振などによって部材振動が発生することを確認してきた^{[1]~[4]}。本報では、迎角や傾斜角を有する円柱における渦励振の様相を調べるために実施した風洞試験について述べる。

2. 風洞試験の概要

2.1 試験体

図 2.1 に試験体の様子を示す。模型部材は硬質塩化ビニルの胴部(直径 76.3mm, 厚み 4.1mm, 長さ 2500mm)と SS400 の模型把持部で構成されている。風洞試験機及び地面に反力を取った部材固定治具と部材両端を固有振動数調整用部材(以下、板バネ)で固定する。固有振動数は板バネの厚みにより変化するが、本報では 4mm の板バネのみにについて示す。部材には、胴部中心の内面に 3 軸加速度計を設置し、部材の加速度を 1000Hz サンプリングで計測した。

2.2 試験ケース

試験ケースを表 2.1、傾斜角と迎角の定義を図 2.2、加速度の軸方向の定義を図 2.3 に示す。加速度の軸は部材断面において板バネと垂直方向を x、平行方向を z とし、部材軸方向を y と定義した。case1~4 は傾斜角を 0 度とし、迎角による部材振動に及ぼす影響を分析した。case5, 6 は傾斜角を 45 度とし、傾斜角による部材振動に及ぼす影響を分析した。

2.3 試験方法

風速を 1.0m/sec から 17m/sec まで約 0.15m/sec 刻みで風速を増加させ、各風速で 1 分間計測する。計測と計測の間には 1 分間の遷移時間を設けた。また、風速 17m/sec から同じ刻みで 1m/sec まで減少させる計測も実施した。各風速で部材中心の加速度を計測し、加速

度波形より 1 分間の標準偏差を計算し、風速と部材応答の関係を取得した。

3. 風洞試験結果

図 3.1 に各ケースにおける風速と x 及び z 方向の加速度の標準偏差の関係を、表 3.1 に図 3.1 より得られる各ケースの共振風速と振動数(共振時の振動方向の振動数)と直径で無次元化した風速(以下、無次元風速)及び加速度の標準偏差を示す。さらに、風速の部材軸との直交方向成分(以下、換算風速)についても示した。部材の固有振動数は、実験室の温度等で変化し、概ね x 方向で 9.8~10.6Hz, z 方向 20.6~21.0Hz であった。なお、case1 及び case5 の z 方向のピークは、他のケースのピークに比べて絶対値が明らかに小さいため、ここでは議論しない。

傾斜角 0 度のケースに着目すると、x 方向では case4 では顕著な共振が見られなかったが、その他のケースでは風速 3.8m/s~5.0m/s(無次元風速 5.1~5.3)で共振が見られ、共振時の加速度応答は case1 で最大となり、迎角の増加に伴い応答が小さくなる傾向となった。一方、z 方向では、case1 で顕著な共振が見られなかったが、その他のケースでは風速 8.3m/s~8.5m/s(無次元風速 5.1~5.3)で共振が見られ、共振時の加速度応答は case4 で最大となり迎角が小さいほど応答も小さくなる傾向となった。すなわち、傾斜角が 0 度の場合、x 及び z の両方向において、カルマン渦による流れ直交方向に発生する励振力により共振し、その無次元共振風速は迎角による影響が小さいことがわかる。一方、共振による応答値は迎角の関数になることが予想される。

一方傾斜角 45 度のケースでは、x 方向において傾斜角 0 度のケースに比べて共振時の無次元風速が大きくなるが、傾斜角 0 度の時と同様に迎角による共振風速への影響は小さいことがわかる。z 方向においては、傾斜角 0 度の時と同様に迎角が 0 度の場合には顕著な共振が見られなかったが、迎角 30 度の時は他のケースと異なり広い風速の範囲で応答が大きくなった。

キーワード 部材振動, 渦励振, 風洞試験, 迎角, 傾斜角

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

傾斜角 0 度と傾斜角 45 度の無次元換算風速を比較すると、傾斜角 45 度における無次元換算風速は、傾斜角 0 度のそれよりも小さくなった。すなわち、傾斜角を有する円柱の渦励振による共振風速は、必ずしも風速の直交成分のみで推定できないことが確認された。

4. まとめ

迎角や傾斜角を有する円柱における渦励振の様相を調べるために風洞試験を実施した。その結果、渦励振時の共振風速は、迎角の影響をあまり受けないが傾斜角によって変化することが確認された。また、渦励振時の応答値は、迎角・傾斜角によって変化し、振動方向と流れ方向が直交したときに大きな値となることがわかった。今後は共振風速や応答値の変化を定量的に評価し、実観測記録への適用性について検証する。

参考文献

[1][2]実送電用鉄塔を対象とした動態観測（その 1,2），佐藤雄亮他，第 66 回土木学会年次学術講演大会概要集，

2011

[3][4]実送電用鉄塔を対象とした動態観測（その 3,4），佐藤雄亮他，第 67 回土木学会年次学術講演大会概要集，2012

表 2.1 試験ケース

case	1	2	3	4	5	6
傾斜角	0	0	0	0	45	45
迎角	0	30	45	90	0	30

表 2.2 共振風速と応答加速度

case	1	2	3	4	5	6
風速 x	4.36 (5.39)	3.83 (5.16)	3.88 (5.14)	-	4.82 (6.51)	5.03 (6.76)
換算風速 x	4.36 (5.39)	3.83 (5.16)	3.88 (5.14)	-	3.41 (4.60)	3.56 (4.78)
応答 x	6.23	2.83	2.66	-	2.23	2.75
風速 z	-	8.36 (5.28)	8.38 (5.25)	8.55 (5.33)	-	11.34 (7.07)
換算風速 z	-	8.36 (5.28)	8.38 (5.25)	8.55 (5.33)	-	8.02 (5.00)
応答 z	-	7.30	11.36	21.55	-	1.77

※カッコ内は無次元風速を示す。



図 2.1 試験体の様子

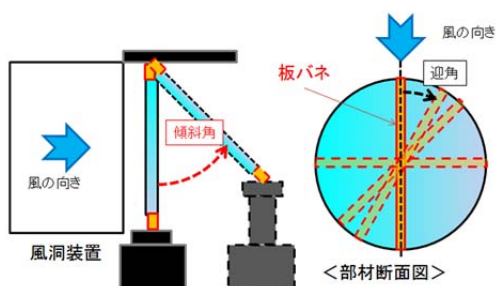


図 2.2 傾斜角・迎角の定義

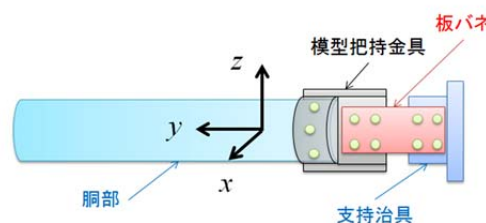


図 2.3 部材軸の定義

