

モード解析による多導体送電線のギャロッピング特性に関する研究

九州工業大学大学院 学生会員 ○中村 真

九州工業大学大学院 正会員

木村 吉郎

九州工業大学大学院 フェロー 久保 喜延

1. はじめに

氷が付着することにより断面形状が変化した送電線に強風が作用すると、ギャロッピングと呼ばれる大振幅の空力振動が発生することがある。大振幅のギャロッピング発生時には、電線間の距離が短くなることによる短絡事故や、碍子、支持物などの損傷が生じて問題となる。しかしギャロッピングの発現条件は、まだ十分には解明されていないのが現状である。

そこで、本研究では、大容量多導体送電線の中でも代表的な4導体送電線を対象とし、準定常空気力を用い、モード解析法による応答解析を行う。スパン方向に氷の形状や、風の特性が異なる場合に送電線のギャロッピングの発現特性がどのように変わるかを明らかにすることが目的である。

2. 解析の概要

解析の対象としたのは、スパンが296mの送電線の1径間である。送電線の断面図を図-1に示す。導体の密度は 3281kg/m^3 で、さらに1つの質量が 8.00kg のスペーサーが計10個設置されている。モード解析に用いる固有振動数(表-1)と固有モード形は、別途実施された有限要素法による固有値解析結果に基づくものとした。また、減衰定数は、全てのモードについて0.2%とした。なお解析プログラムはMATLAB(サイバネットシステム社)を用いて作成した。

3. 空気力の定式化

準定常空気力を用いることとすると、抗力、揚力、空力モーメントは以下のように表せる。

$$F'_x = \frac{1}{2} \rho A U_r^2 C_D (\theta + \alpha_r) \quad (1)$$

$$F'_z = \frac{1}{2} \rho A U_r^2 C_L (\theta + \alpha_r) \quad (2)$$

$$F'_M = \frac{1}{2} \rho A B U_r^2 C_M (\theta + \alpha_r) \quad (3)$$

$$F_D = F'_D \cos \alpha_r - F'_L \sin \alpha_r \quad (4)$$

$$F_L = -F'_D \sin \alpha_r - F'_L \cos \alpha_r \quad (5)$$

$$F_M = F'_M \quad (6)$$

ただし、 ρ : 空気密度、 A : 投影面積、 B : 代表長さ、 U_r : 相対風速、 C_D : 抗力係数、 C_L : 揚力係数、 C_M : 空力モーメント係数である。空気力係数(図-3)は、既往の実験¹⁾で求められたものを用いる。

4. 解析ケース

解析ケースは、図-4(a)のように送電線のスパン方向に対し、一様に風を与えたCaseA、図-4(b)のように凸状に風を与えたCaseBの2ケースである。平均風速 U を12~30m/sの間で1m/s刻みで大きくし、1000秒間解析をした。

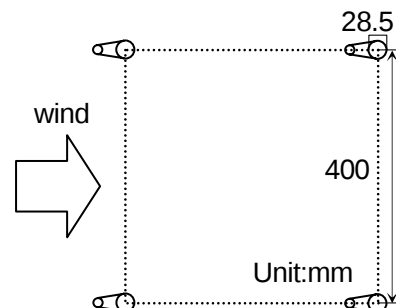


図-1 送電線断面図

表-1 各モードの固有振動数

支配的モード	振動数(Hz)	支配的モード	振動数(Hz)
水平1次	0.243	鉛直5次	1.076
鉛直1次	0.394	鉛直6次	1.100
ねじれ1次	0.397	水平5次	1.127
鉛直2次	0.497	水平6次	1.258
水平2次	0.481	鉛直7次	1.296
水平3次	0.715	ねじれ4次	1.348
ねじれ2次	0.721	水平7次	1.395
鉛直3次	0.741	ねじれ4次	1.440
鉛直4次	0.895	鉛直8次	1.498
水平4次	0.937	水平8次	1.559
ねじれ3次	1.040	ねじれ5次	1.569

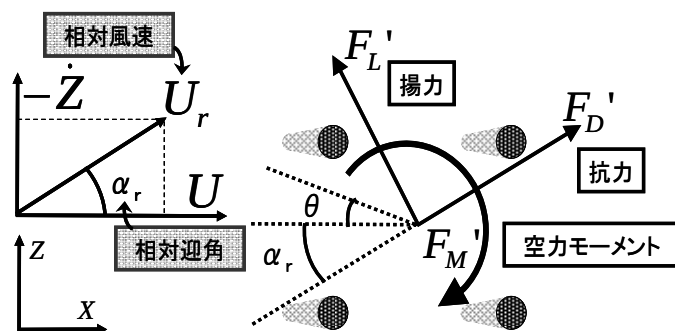


図-2 座標や空気力の定義

キーワード ギャロッピング, 着氷送電線, モード解析, 準定常空気力

連絡先 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町1-1

TEL 093-884-3466

FAX 093-884-3100

5. 解析結果および考察

図-5 に CaseAおよび Case Bの標準偏差を示す。標準偏差は解析時刻 200 秒以降の応答から算出した。Case Aではねじれ 1 次の応答が支配的であるのに対して CaseBでは鉛直 1 次の応答も同程度の寄与がある。さらに、応答の発現風速は CaseAの方が小さいが、2 Case 共に発現が見られる風速域があり、ねじれ振幅の大きさは、CaseBは CaseAの半分程度である。加えて CaseBでは、風速 18~21m/s において、ねじれ 2 次モードの振動の発現が見られるなど、CaseAに比べ応答特性が複雑である。

CaseAと CaseBの標準偏

差が大きく変わる風速前後の応答を図-6、図-7に示す時刻歴で追ってみる。標準偏差が大きな風速では振幅があまり変化せず定常に近いが、標準偏差が小さい風速では振幅は非定常という傾向がみられる。

謝辞

電力中央研究所の清水幹夫氏には固有値解析結果についてご教示して下さったことを記してここに感謝の意を表します。

参考文献

1) 清水幹夫, 石原孟:

3 分力天秤実験に基づく着氷雪多導体および単導体送電線の定常空気力特性に関する検討, 構造工学論文集, Vol.50A, 2004

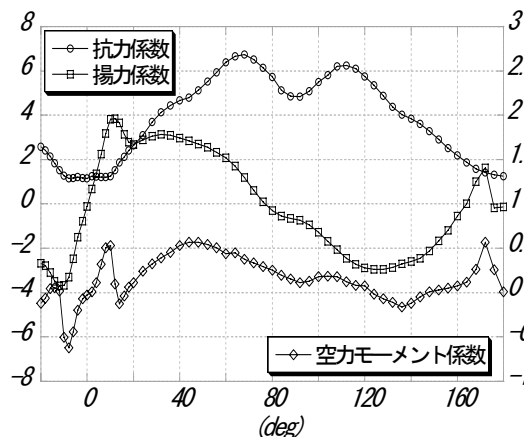


図-3 空気力係数¹⁾

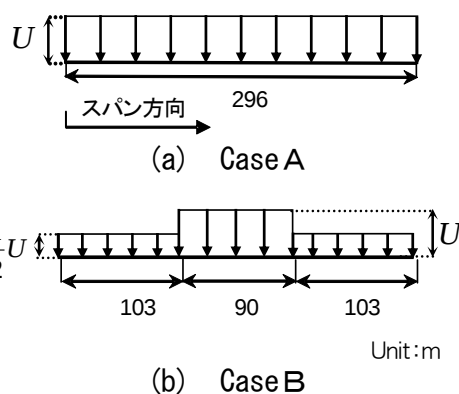
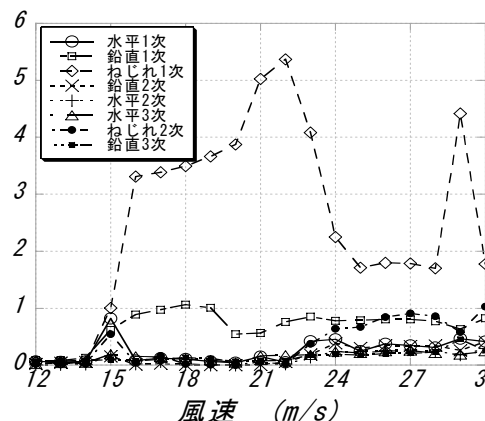
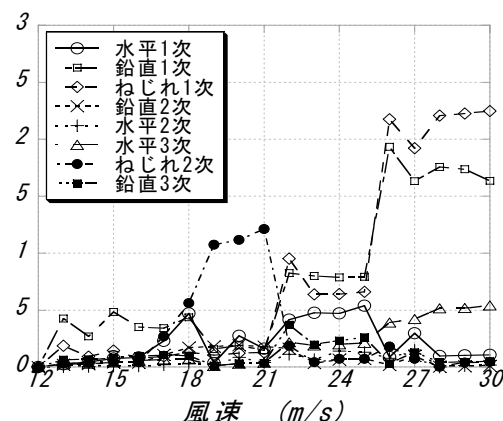


図-4 風速分布ケース

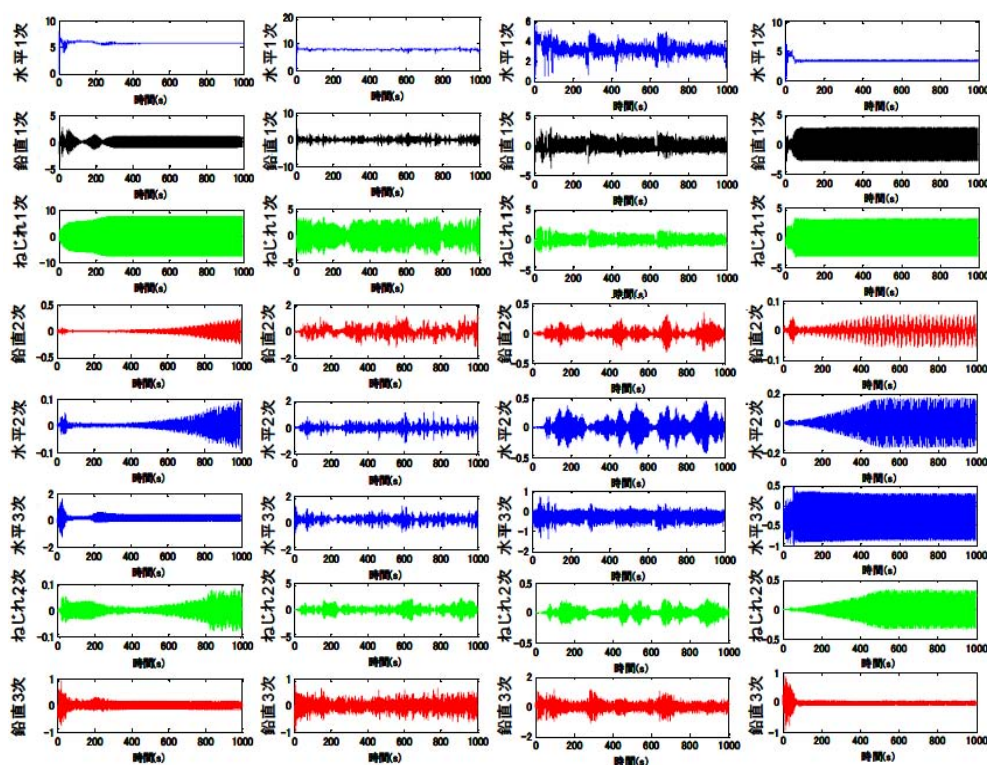


(a) Case A



(b) Case B

図-5 応答の標準偏差



(a) 22m/s

(b) 25m/s

図-6 Case Aでの時刻歴

(a) 22m/s

(b) 25m/s

図-7 Case Bでの時刻歴