

東京大学	学生員	横山 晴生
横浜国立大学	正員	宮田 利雄
東京大学	正員	山口 宏樹

1. まえがき

送電線ケーブルは、コロナ放電を防止するという送電上の理由から、スパーサーで剛に連結されて、2本、4本、6本というように複数のグループとな、な平行ケーブルで構成されている。このような送電線に風が吹いた場合、下流側ケーブルに隋円軌道の大きな振動が発生する場合のあることが実際に観測されている。これは、下流側ケーブルが上流側ケーブルのつくる後流中にいることにより、励起される不安定振動現象である(図1)ことが、過去の研究で明らかになっている。ここでは、送電線ケーブルの空力弾性振動に関する研究の一段階として、2本平行送電線ケーブルを対象とし、上流側ケーブルの形成する後流中での下流側ケーブルの不安定振動を数値計算により解析し検討することにした。

2. 現象のモデル化と解析対象

解析モデルとしては、従来用いられている下流側円筒を直角2方向に弾性支持して空力効果を2次元の k 板の2本平行円筒系モデル(図2)を考え、これに対象とする2次元解析と実際の送電線構造の3次元性を考慮した3次元解析の両方を行なった。作用空気力については、両解析において、準定常的に扱うものと仮定し、空気力係数は過去の実験値を用いた。また、3次元解析においては、実際の送電線における風のスパン方向の時間的及び空間的非一様性は考慮せず、スパン方向に風速は一定と仮定した。

3. 解析結果及び考察

2次元解析の結果、風速と下流側ケーブルの固有振動数とから定まる無次元風速も不安定振動現象に大きく影響するパラメーターであることがわかった。図3は、下流側ケーブルの鉛直方向固有振動数 f_y と水平方向固有振動数 f_x との比である固有振動数比 $r (=f_y/f_x)$ が0.95で、無次元風速 V^* が3.0の時の不安定振動が生じる領域を示したもので、斜線部分が不安定領域である。ただし、ここでは無次元風速 V^* として、風速 V と、下流側ケーブルの水平方向固有円振動数 ω_x とケーブル径 d の積との比 $(V/\omega_x d)$ を考えている。これを見ると、2本のケーブルの鉛直方向初期相対位置 Y_0 が0の場合のみ不安定領域が存在し、しかも、風によってケーブルが吹き流されることによる傾き角 ψ がある程度以上にならない限り不安定振動が生じないことがわかる。また、 r が1.05で V^* が3.0の時の不安定領域を示した図4からは、 Y_0 が正の場合のみ不安定領域が存在し、図3の場合と同様に ψ がある程度

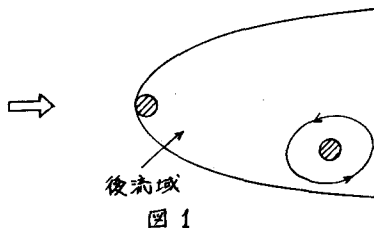
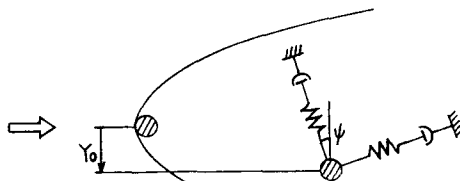
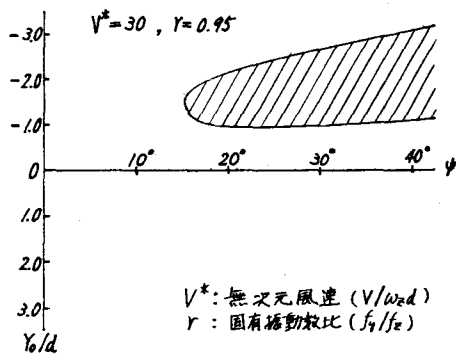


図1



Y_0 : 2本のケーブルの鉛直方向初期相対位置
 ψ : 風によってケーブルが吹き流されることによる傾き角

図2 2次元解析モデル



V^* : 無次元風速 $(V/\omega_x d)$
 r : 固有振動数比 (f_y/f_x)

図3 不安定領域

以上にならない限り不安定振動が生じないことがわかる。この結果は過去の実験結果¹⁾と一致している。一方、 V^* が60で r が0.95及び1.05の時の不安定領域を示した図5及び図6より、 Y_0 の正負にかかわらず中軸にほぼ対称な不安定領域が存在しており、しかも、その不安定領域は ψ にほとんど依存していないことがわかる。この結果は、過去の実験結果¹⁾と異なっているが、これは、過去の実験が図5及び図6の条件に対応するような V^* が大きい場合について行われていなかったためであると思われる。図7は、不安定振動が生じる下限の無次元風速 V_G^* を ψ に対して示したもので、この図より、 ψ が小さくなる V_G^* は大きくなるが、無制限に大きくなるのではなく、頭打ちになっていることが見てとれる。

また、スパン方向に風速を一定と仮定し、3次元時間応答解析を行なったが、その結果、過去の2次元実験で得られているような隋円軌道の不安定振動がまったくない(図8)。その不安定振動は、2次元解析と3次元解析とで定量的には一致しないが、不安定振動が起こる領域は、両解析でほぼ一致していた。これらの不安定振動現象に及ぼすケーブル構造の3次元性の影響に関しては、その非線形性も含めて今後さらに検討してみたい。

4. まとめ

流れに垂直に置かれた2本平行ケーブル構造の不安定振動現象において、無次元風速 V^* が重要なパラメーターであり、 V^* の値によって不安定振動現象の様相が大きく変化することが、数値解析によって判明した。

今後は、無次元風速が大きい場合の検討、ケーブル構造の3次元性の影響の様相を明らかにすること、さらに、上流側ケーブルの運動を考慮した解析が必要と考えられる。

<参考文献> 1) Wardlaw, R.L.: Wind Tunnel and Analytical Investigations into the Aeroelastic Behaviour of Bundled Conductor, IEEE Power Eng. Soc., 1974

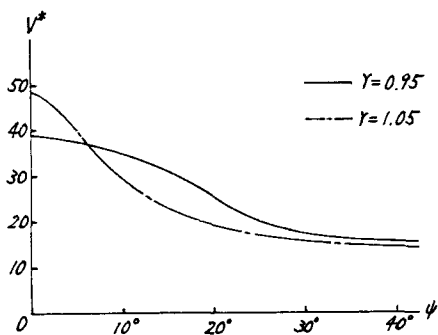


図7 不安定振動が生じる下限無次元風速

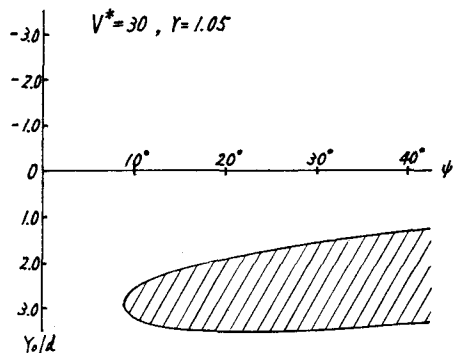


図4 不安定領域

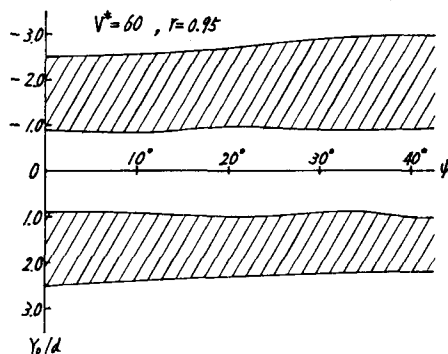


図5 不安定領域

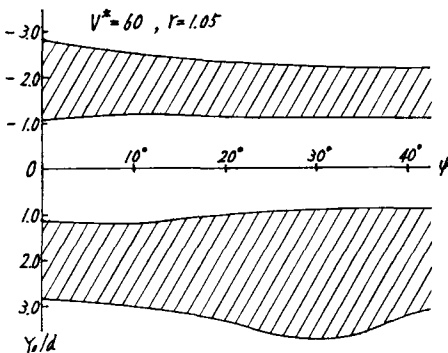


図6 不安定領域

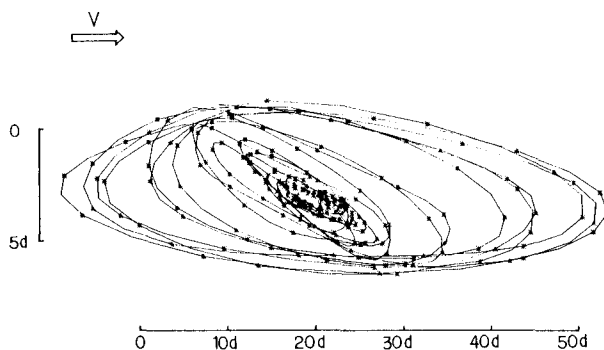


図8 ケーブル中央点でのリザージュ