

## I - B37 着氷4 導体送電線に作用する空気力の定式化に関する一検討

東京大学工学系研究科 正員 木村吉郎 東京大学工学系研究科 フェロー 藤野陽三  
 東京大学大学院 学生員 田中伸英 関西電力総合技術研究所 雪野昭寛

1. はじめに 着氷4 導体送電線の2次元部分模型を用いて、ねじれと鉛直の2自由度のばねつり風洞実験を行なった結果、慣例的に「ギャロッピング」と呼ばれるねじれと鉛直振動が連成した空力振動が発現し、その応答は非線形準定常空気をを用いた時刻歴応答解析結果とほぼ一致した<sup>1)2)</sup>。しかし、ねじれをとともう振動においては相対迎角の定義が一意に定まらないことから、空気力の定式化の妥当性を確認しておく必要がある。そこで、相対迎角の評価位置によって準定常空気をを用いた解析結果がどのように異なってくるかを検討した。また別途行なわれた非定常空気力の測定結果と、準定常空気をを比較し、その整合性および非定常空気力の振幅依存性について調べた。

2. 準定常空気力の定式化 図1に示すように座標の原点をつり合い位置にある4導体の中心位置とし、相対迎角の評価位置をx軸上にとりその座標を $x_0$ とすると、準定常空気力は以下のように表現される。

$$L(\theta, \dot{\theta}, \dot{z}) = 0.5 \cdot \rho \cdot A \cdot \left\{ (U + x_0 \cdot \dot{\theta} \cdot \sin \theta)^2 + (\dot{z} - x_0 \cdot \dot{\theta} \cdot \cos \theta)^2 \right\} \cdot C_L \left( \theta - \tan^{-1} \left( (\dot{z} - x_0 \cdot \dot{\theta} \cdot \cos \theta) / (U + x_0 \cdot \dot{\theta} \cdot \sin \theta) \right) \right) \\ M(\theta, \dot{\theta}, \dot{z}) = 0.5 \cdot \rho \cdot A \cdot b \cdot \left\{ (U + x_0 \cdot \dot{\theta} \cdot \sin \theta)^2 + (\dot{z} - x_0 \cdot \dot{\theta} \cdot \cos \theta)^2 \right\} \cdot C_M \left( \theta - \tan^{-1} \left( (\dot{z} - x_0 \cdot \dot{\theta} \cdot \cos \theta) / (U + x_0 \cdot \dot{\theta} \cdot \sin \theta) \right) \right)$$

既往の研究<sup>1)2)</sup>における準定常空気力は、 $x_0 = 0$ とした場合に相当する。

相対迎角の評価位置 $x_0$ を $-0.5b, 0, 0.5b$ と変えた場合に、上式の準定常空気をを用いた解析結果がどのように異なるかを比較した。なお、解析はねじれと鉛直の2自由度の運動方程式をルンゲ・クッタ法により時間積分(時間刻み=1/100秒)したもので、用いる準定常空気力の定式化が異なる他は、諸元なども既往の研究<sup>1)2)</sup>と同様である(導体中心間隔: $b=247$  mm, ねじれ・鉛直の固有振動数:1.27および1.63 Hz, ねじれ・鉛直の構造減衰定数:0.36および0.19%)。

ねじれおよび鉛直のrms応答(図2)をみると、既往の研究<sup>1)2)</sup>においてもみられた風速12 m/s以上のギャロッピング振動応答の大きさは、相対迎角の評価位置が変化してもほとんど等しくなっている。応答の時刻歴の例を図3(a)に示す。

一方 $x_0 = 0.5b$ および $b$ のケースにおいては、より低い風速域においても応答がみられる。この場合の応答の時刻歴の例を図3(b)に示す。若干ねじれ振動の位相が早くなっているが、ギャロッピング時と同様ねじれと鉛直がほぼ同位相の振動となっている。ただし、ねじれ/鉛直振幅比が、ギャロッピング時に比べて大きくなっており、模型の回転中心が相対迎角評価位置よりも上流側(図3(b)のケースでは $x = 5.4/(18.3\pi/180) = 16.9$  cm <  $b$ )となっている。すなわち相対迎角を実際の運動とは反対の符号として計算してしまうことになり、空気が負減衰として作用し、現実には生じない応答が生じてしまっている。

3. 非定常空気力と準定常空気力の比較 以下のように定義される鉛直調和振動にともない作用する非定常空気力の係数 $C_{LHR}$ および $C_{MHR}$ と、準定常空気をを比較したのが図4である。

$$L = \pi \cdot \rho \cdot B^3 \cdot \omega^2 \cdot (C_{LHR} + i \cdot C_{LHI}) \cdot e^{i\alpha}, \quad M = \pi \cdot \rho \cdot B^4 \cdot \omega^2 \cdot (C_{MHR} + i \cdot C_{MHI}) \cdot e^{i\alpha}$$

非定常空気力は、測定した振動振幅 $h$ にかかわらず、準定常空気をと良く一致している。 $C_{MHI}$ では一致がやや悪いが、係数の絶対値が小さく測定誤差の影響が大きいためと考えられる。

4. おわりに 本研究で対象としたギャロッピング現象においては、ねじれ運動をとともうにもかかわらず、準定常空気で現象が比較的良く表現できている。その理由は、回転中心が物体から離れた位置にあるため、物体の中心付近において相対迎角を評価しておけば良い近似となるためと考えられる。ギャロッピング現象に関しては、相対迎角の評価位置はほとんど影響がなかった。しかし、物体の端部やさらに離れた位置において相対迎角を評価すると、実際の現象とは対応しない解析結果となることもあることがわかった。また、非定常空気力のうち準定常空気力により表現できる成分については両者は良く一致し、振幅依存性も少ないことがわかった。しかし、その他の非定常空気力係数には振幅依存性がみられるものもあり、また、それらの空気力成分が現象におよぼす影響の大きさも明らかではないことから

キーワード: ギャロッピング, 準定常空気力, 非定常空気力, 着氷送電線, 時刻歴応答解析

〒113 文京区本郷7-3-1 TEL 03-3812-2111 FAX 03-5689-7292

ら，さらに検討していく必要がある。

京都大学松本勝教授には貴重なコメントを頂きました。また非定常空気力の測定は三井造船昭島研究所で行なわれ，測定結果の解釈について関係各位に御意見・御協力頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献：1) 田中他：土木学会第51回年次学術講演会，第1部(A)，pp. 374-375, 1996. 2) 木村他：第14回風工学シンポジウム，pp. 395-400, 1996.

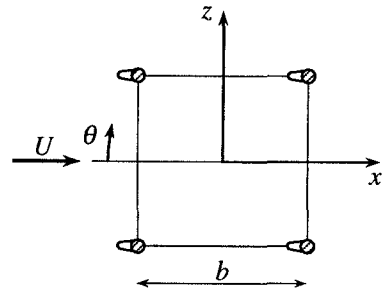
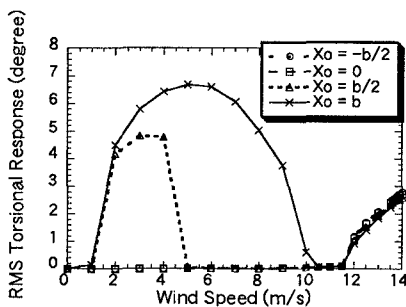
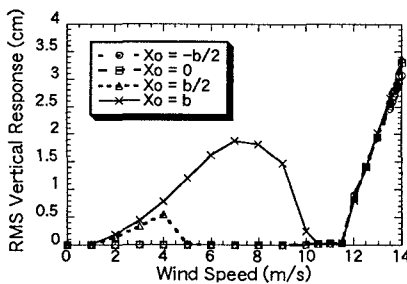


図1 座標の定義

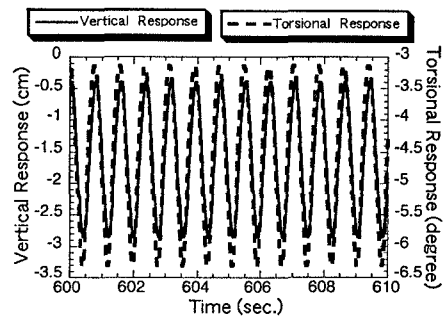


(a) ねじれrms応答

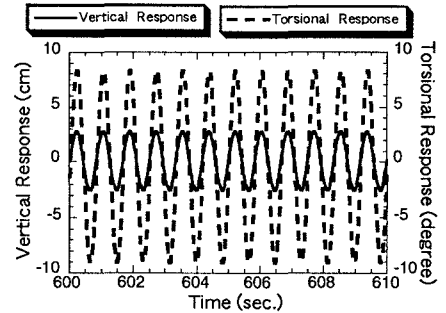


(b) 鉛直rms応答

図2 相対迎角評価位置の応答解析結果への影響



(a)  $x_0 = 0$ ,  $U = 12$  m/s



(b)  $x_0 = b$ ,  $U = 7$  m/s

図3 応答の時刻歴

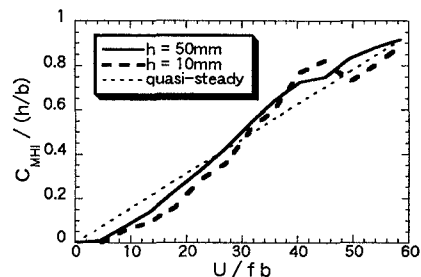
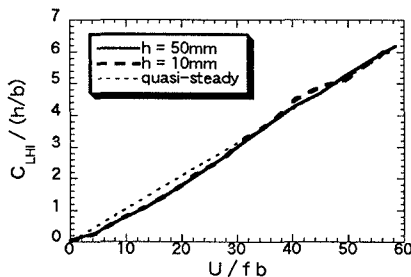


図4 非定常空気力係数と準定常空気力の比較