

防衛施設庁	正	鶴田郁夫
東大工	正	伊藤 学
東大工	正	藤野陽三
埼玉大工	正	山口宏樹

通信ケーブルと吊線とをラッシングワイヤを用いて一体化した8字型断面をもつ架空通信ケーブル(図1)が広く使われているが、10~15 m/sの強風下で大振幅の振動が生じ、破断に至った例が数多く報告されている。ここでは、この振動の定性的・定量的把握のための風洞実験と準定常理論を用いた振動発生条件の検討結果を報告する。なお、実際のケーブルの外径比(b/a)として一般的な値である1:5模型による実験結果を中心に述べることにする。

1. 三分力特性

アルミ製の2つの円柱を一体化した二次元模型を利用した。円形断面の組合せであるので、 Re 数の影響を調べたところ、図2に示すように影響が小さいことがわかった。なお $Re = U(a+b)/\nu$ (ν : 空気の動粘性係数)と定義し、迎角 α は吹き上げを正、空力モーメントの中心点は吊線中心としてある。迎角 α に対する三分力の変化を図3に示す。 C_L 曲線に大きな負勾配が存在しギャロッピングを起こす可能性がある断面であることがわかる。しかし、そのような迎角はかなりの負迎角であって、しかも実験が難しい。

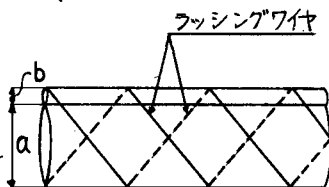
2. 二次元バネ支持実験

三分力特性からギャロッピングが生ずると予想される迎角で風が当たるように模型をバネ支持し応答を調べたところ、ギャロッピングが生じた。(図4) 準定常理論による結果ともよい一致がみられるので、この断面に対して準定常理論を用いることが妥当であると判断される。

3. 三次元模型実験

吊線としてビニルホース中にワイヤを通し、通信ケーブルとしてはビニルホース中に鉛線を通して重くし、両者をラッシングし架線模型とした。その諸元を表1に示す。風速を上げていくとケーブルは吹き流されて負迎角をもつようになる。図5はサグ比 r を変化させた場合のケーブルの静的変位をスパン $1/4$ 点で測定したものである。なお吹流角(ケーブル面が鉛直面となす角)と断面の迎角は一致していない。図7は、風速-振幅曲線である。縦軸は鉛直方向の振幅 A_y 、横軸は風洞風速 U_m 、点線は不安定リミットサイクルを表わしている。バネ支持実験と異なり、風速の上昇に対する振幅の増加には頭打ちの傾向が見られる。リサージュ図は図6に示す通りで水平成分も大きく、また顕著なねじり振動が観察された。

4. 準定常理論によるギャロッピング振動解析



a: 通信ケーブル外径
b: 吊線外径

図1
架空通信ケーブル

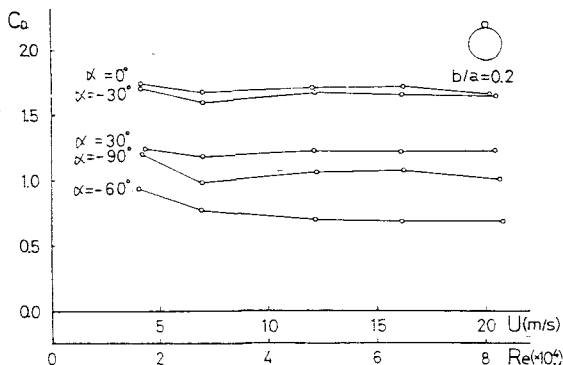


図2 Re 数による C_D の変化

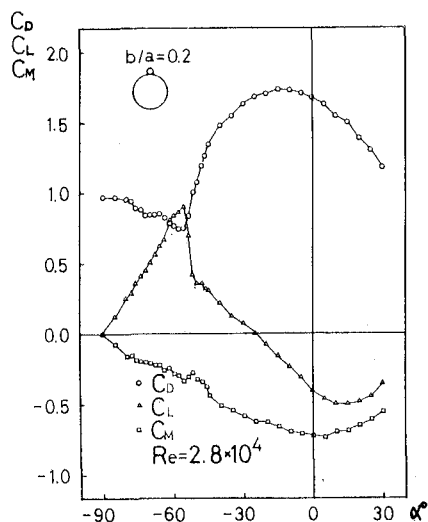


図3 三分力係数曲線

図5に示すように風圧によりケーブルが吹き流され、風が真迎角でケーブルに当たるようになる。しかし、実際に三次元模型でギャロッピングがおきる風速10%での迎角は -34° 程度であって図3ではDen Hartogの示した条件を満たしていない。図6に示したように静止時からギャロッピングが生ずる場合には、面内振動がはじめのうち卓越し、その後面外、ねじれが現われ振動中心が上方にずれる。この吹き流されたケーブルのつくる面内での振動からスタートすることから、振動が風向直角方向ではない点に注目して空気力係数 C_{Fy} を新たに評価した。

すなわち、風向直角方向に振動する場合は

$$C_{Fy} = -(C_D \tan \beta + C_L) / \cos \beta \quad (1)$$

β : 相対迎角

であるのに対して、 α だけ傾いた方向に振動する場合の空気力係数 C'_{Fy} は

$$C'_{Fy} = \frac{\cos^2 \alpha}{\cos^2(\alpha - \beta)} (C_D \sin(\alpha - \beta) - C_L \cos(\alpha - \beta)) \quad (2)$$

となり、(1)式は(2)式において $\alpha = 0$ とした場合であることがわかる。このような考え方で、各風速レベルでの測定された α を用いて、加振することなくギャロッピングが生ずるかどうかを調べたところ、10%までは生じず、11%以上で生ずるという結果を得た。これは図7に示した結果とよく一致している。

5. まとめ

架空通信ケーブルのギャロッピングの発生には振動の方向が大きく影響を与えるためここで示した(2)式で空気力係数を評価することで加振することなくギャロッピングの生ずる限界風速が求められる。今後は、振幅や不安定リミットサイクルの推定のため、ねじりを考えた三次元的なより詳細な検討を加えて行きたい。

参考文献

1) Parkinson & Smith "The Square Prism as an Elastic Oscillator" など

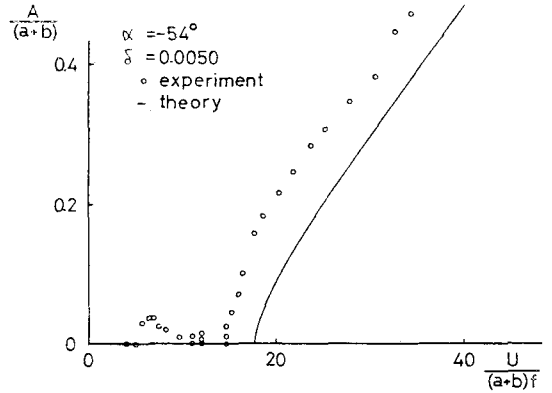


図4 バネ支持応答（実験及び理論）

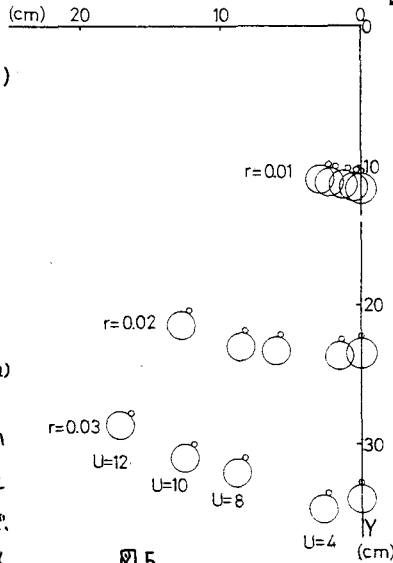


図5 静的変位（スパン $1/4$ 点）

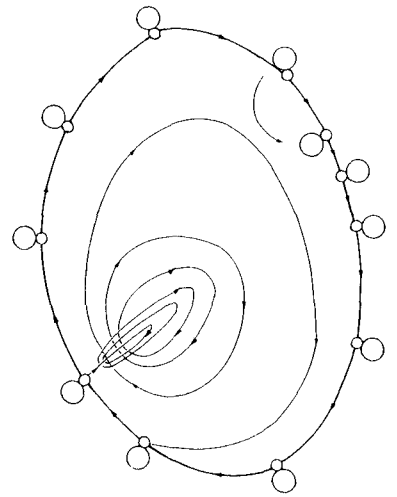


図6

ギャロッピング時のリサージュ図

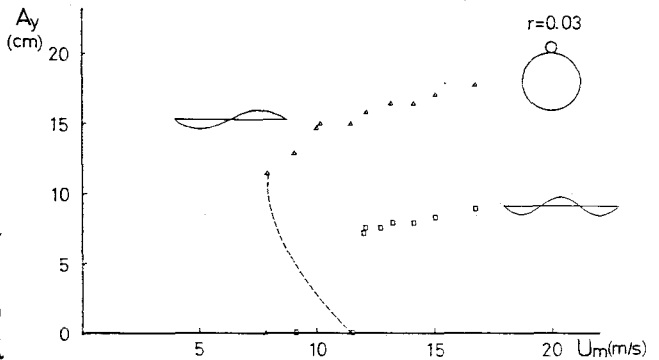


図7 三次元模型の風速-振幅曲線

表1 三次元模型諸元

	外径 (mm)	重量 (g/m)
吊線	4.0	12.5
ケーブル	18.0	477

(スパン長 14.95 m)