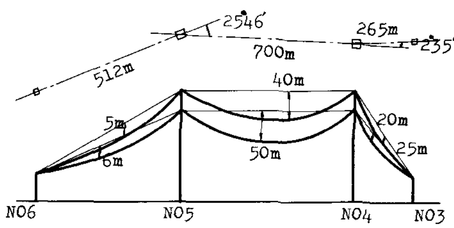
I —16　送電鉄塔の振動性状に及ぼす影響

九州大学　工学部　正員　鳥野　清
九州大学　工学部　学生員　安波博道
九州大学　工学部　学生員　○荻尾政男

I. まえがき

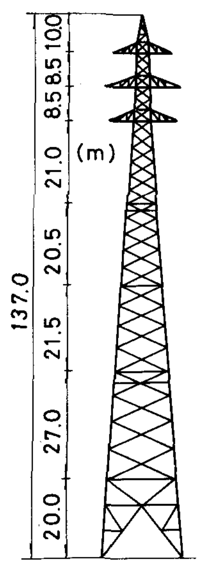
著者らは、高さ137mの実際の送電線鉄塔に対して、常時微動測定により、送電線の無い場合と、有る場合の振動性状の違いを実験的に求めた。その結果、送電線の有る場合には送電線の無い場合に比べて、送電線の影響が送電線直角方向には殆んどなかったが、送電線方向においてはその影響が顕著に現われていた。送電線の影響を理論的に解析する場合、厳密には、全体系を考えて解析しなければならないだろうが、計算が非常に複雑になる。そこで本研究は、送電線をバネに置き換え鉄塔に拘束力を与えているという考え方と、ケーブル自身の振動が外力として鉄塔に働くという考え方からケーブルの影響を理論的に解析した。



図－1

II. 実験結果及び考察

図1及び図2に実験を行なった鉄塔の概略を示す。NO.4とNO.5の鉄塔は全く同種であり、実験はNO.4の鉄塔に対して行なった。その実験結果及び理論解析結果は表1に示す。理論解析は送電線の無い場合の鉄塔に対して、鉄塔を9個のブロックに分け、部分構造法で二次元的に解析した値である。表1より、送電線の影響が送電線方向に大きく現われている。図3は送電線の有る場合の送電線方向の実験結果から得られた変位モードである。この図を見ると1次，2次，3次の変位モードは、1次型の振動をしていることがわかる。これらの振動は、送電線自身の振動が鉄塔に外力として作用したときの鉄塔の振動及び送電線が拘束力として働いたときの鉄塔自身の振動と思われる。



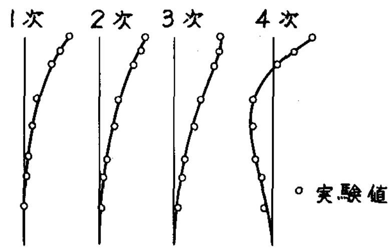
図－2

III. 理論解析

IIに示した送電線の影響を、以下に示す2つの方法で理論的に調べてみた。

(1) 送電線をバネに置き換える方法（鉄塔自身の振動）

図4(a)に示すように、送電線をバネに置き換えて、鉄塔に作用させ二次元的に部分構造法で振動性状を求める。送電線のバネ定数は図4(b)に示すように送電線の右端を水平及び鉛直方向に微小変位させた時に生じる張力の変化から求める。

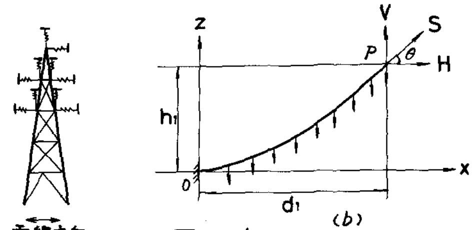


図－3

(Hz)

		実験		理論	
		2048*6		2次元解析	
架線	次	架線	架直	架線	架直
架線(無)	1	0.952	0.928	0.972	0.981
	2	2.490	2.441	2.622	2.661
	3	3.320		—	—
架線(有)	1	0.315	0.903		
	2	1.123	2.393		
	3	1.440	3.125		
	4	2.417	—		

表－1



電線方向
(a)

(b)

図 － 4

先ず、ケーブルは(b)図のようなCatenary曲線を成し、又ケーブルの最下点Oは固定されているとする。曲線の方程式は $z=a(\cosh\frac{x}{a}-1)$ で表わされ、ケーブルの水平、及び鉛直方向成分H, Vはw, aで表わすと、

$$H=wa$$

$$V=wa\sinh\frac{d_1}{a}=wa\tan\theta \qquad (但し、a=\frac{H}{w})$$

今、P点を $h_1=const.$ にして、水平に dd_1 だけ動かしたことによる水平、鉛直方向の張力の変化を dH, dV とすれば、この時のバネ定数を次のように定義できる。

$$C_{xx}=\frac{dH}{dd_1}=\frac{w\cdot\sinh D}{D\sinh D-2(\cosh D-1)} \qquad (但し\ D=\frac{d_1}{a})$$

$$C_{yx}=\frac{dV}{dd_1}=\frac{w(\cosh D-1)}{D\sinh D-2(\cosh D-1)}$$

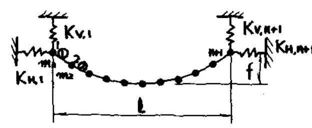
次に、P点において d_1 を一定にして、dh_1 だけ動かしたときのバネ定数は次のようになる。

$$C_{yy}=\frac{dV}{dh_1}=\frac{w(D\cosh D-\sinh D)}{D\sinh D-2(\cosh D-1)}$$

$$C_{xy}=\frac{dH}{dh_1}=\frac{w(\cosh D-1)}{D\sinh D-2(\cosh D-1)}$$

ケーブルNO.	1	2	3	4
断面積(mm²)	152.79	691.78	152.79	691.78
自重(kg/m)	2.524	2.524	0.7736	0.7736
張力(kg)	1630	3270	2300	3640
径間(m)	700	700	265	265
C_{xx}(kg/m)	1855.7	1374.6	676.96	2458.2
C_{yx}(〃)	157.71	191.86	497.38	290.78
C_{xy}(〃)	157.71	191.86	497.38	290.78
C_{yy}(〃)	17.924	35.986	43.298	45.501

表 － 2



上式を、実験を行なった鉄塔の送電線に応用したバネ定数の算定値を表2にまとめる。次に、送電線は鉄塔の振動を制御するバネとして働くと考え、鉄塔の固有値計算を、ユニット数9の部分構造法を用いて行なった。その結果は表3に示す。

(2) ケーブル自身の振動が外力として鉄塔に働くと考える方法

ここでは、図5に示すようなケーブルを摩擦のないピンで結合された有限個の真直な棒の集合と考え、振動に対する運動方程式を導いて、振動性状を求める。図5において結合点iに入っているバネは、iが支点である場合の拘束力を与えるバネである。点iに対する運動方程式は、

$$\left.\begin{aligned}&-\alpha_h U_h+(\alpha_h+\alpha_i+K_{Hi})U_i-\alpha_i U_j-\beta_h v_h+(\beta_h+\beta_i)v_i-\beta_i v_j=-m_i\ddot{U}_i\\&-\beta_h U_h+(\beta_h+\beta_i)U_i-\beta_i U_j-\gamma_h v_h+(\gamma_h+\gamma_i+K_{Vi})v_i-\gamma_i v_j=-m_i\ddot{v}_i\end{aligned}\right\}$$

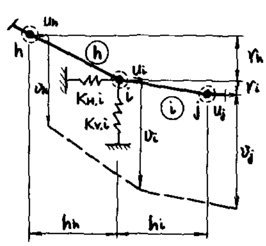


図 － 5

ここに、α_i, β_i, γ_i は部材iに対する剛性量であり、

$$\alpha_i=K_i\left(\frac{h^2}{L^2}+\frac{e}{L}-\frac{h^2e}{L^3}\right)_i$$

$$\beta_i=K_i\left(\frac{hr}{L^2}-\frac{hre}{L^3}\right)_i$$

$$\gamma_i=K_i\left(\frac{r^2}{L^2}+\frac{e}{L}-\frac{r^2e}{L^3}\right)_i$$

この方法で ①両端支点がピン支持である場合、すなわちバネ定数が無限大のときと、②両端支点つまり鉄塔がバネであるとした場合のそれぞれについて数値計算を行なう。

(Hz)

	実験値	理論1	理論2 (ピン支持)	理論2 (バネ支持)
1次	0.315	—	0.955	
2次	1.123	1.150	—	—
3次	1.440	—	1.380	

表 － 3

Ⅳ. まとめ

表3は、送電線の影響を理論的に求めたものと実験値を比較したものである。理論(1)で求めた固有振動数から鉄塔自身の振動は実験の2次に相当するものと思われる。理論(2)の①の結果から、実験の1次、3次は送電線の振動によるものと思われる。しかしながらピンで解析した場合、1次の振動数が実験値に比べて高めに出ているので、鉄塔をバネに置き換えて解析する必要がある。この結果は、講演時に発表する予定である。