I －22

曲げ剛性を考慮したケーブルの振動とその制振について

東北工業大学　　正　員　高橋　龍夫
東北工業大学大学院　学生員○千葉　博明

1.まえがき

斜張橋等のケーブルの振動を防止する為にオイルダンパーの使用が近年、多く見られるようになった。室内模型実験及び、実橋の現場実験により、オイルダンパーによるケーブルの制振効果は実証されてはいるが、効果の解析方法については不明確な問題が多く残されている。例えばケーブルの曲げ抵抗力による制振効果への影響などである。

本研究は、ケーブルの曲げ抵抗が、ダンパーによる制振効果に及ぼす影響を考慮するため、エネルギー法により近似解を導き、合せて模型実験を行い、両者の検討を行ったものである。

2.算定式の誘導

ケーブルの制振用オイルダンパーは、その取付がケーブルの固定端近くになされるのが普通である。このため、取付位置の振動変位は小さくなる。ダンパーによる振動エネルギーの吸収は、ダンパー取付位置のケーブルの変位に左右されるので、この変位を適正に評価することが大切なポイントとなる。

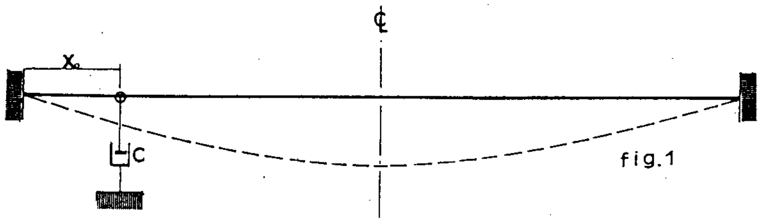

fig.1

曲げ抵抗を持たない弦の低次の振動形は、fig.1に示されるように、

$$y_c = a \cdot \sin\frac{\pi \cdot \chi}{L} \qquad \cdots\cdots①$$

となる。

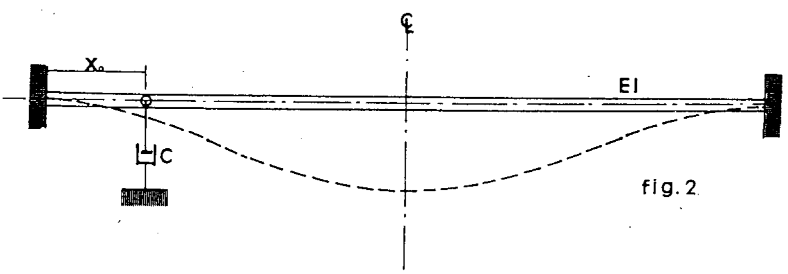

fig.2

曲げ剛性EIをもつ両端固定梁の低次の振動形は、fig.2に示されるように、

$$y_f = A\left\{\cosh\lambda\chi - \cos\lambda\chi + \frac{\cosh\lambda L - \cos\lambda L}{\sinh\lambda L - \sin\lambda L}\cdot(-\sinh\lambda\chi + \sinh\lambda\chi)\right\} \qquad \cdots\cdots②$$

但し、$\lambda L \fallingdotseq 4.7300$

となる。制振用ダンパーの取付位置は端部よりχ_0とし、一般にこの値はケーブル長の10%以下である。

通常、ダンパーによるケーブルの制振効果は、対数減衰率にして0.1〜0.2のオーダーである。この程度の大きさの制振効果を期待してダンパーを取り付けた場合、ダンパーの粘性抵抗力がケーブルの振動形の変化に及ぼす影響は極めて小さい。

弦あるいは、梁の減衰自由振動における1サイクルに消失する振動エネルギーは、ダンパーがこの1サイクルに吸収するエネルギーに相等しいから、この両者を等置して、次の手順により対数減衰率が計算される。

弦、及び梁の減衰自由振動を ③式で表す。

$$Y = y \cdot e^{-Dt} \sin \omega t \quad \cdots\cdots ③$$

yは、弦、及び梁についてそれぞれ ①、②式で表される。
1サイクルに弦、または、梁が消失する運動エネルギーE_Kは、次式で表される。
$B=4\pi/\omega$ とすると、

$$E_K = (0.5 \cdot m) \cdot (\omega^2 + D^2) \cdot (1 - e^{-D \cdot B}) \int_0^L y^2 \, d\chi \quad \cdots\cdots ④$$

ここでmは、弦または、梁の単位長さ当たりの質量である。

一方、ダンパーによって、1サイクルに吸収されるエネルギーE_Dは、次式となる。

$$E_D = \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} C \cdot \left(\frac{\partial Y_{\chi=\chi_0}}{\partial t} \right)^2 dt$$
$$= \frac{C \cdot y_d{}^2}{2} \cdot (\omega^2 + D^2) \cdot \frac{1 - e^{-2D \cdot B}}{2D} \quad \cdots\cdots ⑤$$

ここで、y_dは、ダンパーの変位であり①、②式において、$\chi=\chi_0$とおいて得られる。④式と⑤式を等置することにより、Dが求められ、このDより対数減衰率δが得られる。

$$\delta = \frac{\pi y_d{}^2 \cdot C}{\omega \cdot m \cdot \int_0^L y^2 \, d\chi} \quad \cdots\cdots ⑥$$

3.計算結果

①、②式を⑥式へ代入して、δを計算すると、

$$\delta = \frac{\beta \cdot C}{\omega \cdot m \cdot L} \quad \cdots\cdots ⑦$$

となる。βは、ダンパーの取付位置により、すなわちχ_0の値により異なり、次の表−1の値となる。

通常ケーブル制振用のダンパーは固定端付近に取り付けられるので、$\chi_0 \leqq 0.10L$の場合の検討が必要になる。(表−1)でも示されるように、ダンパーによる制振効果は、振動形の設定により大きく異なってくる。$\chi_0=0.05L$の場合、ケーブルの振動形を弦(曲げ剛性なし)型とした場合は、梁型とした場合の18倍にもなる。この数値を考えれば、ケーブルの曲げ抵抗は小さいとはいえ、ケーブルの曲げ抵抗を考慮しないで、制振効果を正確には、把握できないものと思われる。

	β	
X0	弦	梁
0.05 L	0.153	0.0085
0.10 L	0.60	0.114
0.15 L	1.30	0.475
0.20 L	2.17	1.21
0.25 L	3.14	2.28
0.30 L	4.11	3.82

(表−1)