

ケーブル橋の防振についての基礎的考察

東北工業大学 正員 高橋 龍夫

“ 〇松山正將

山田俊次

1. はじめに

この研究は、現在大径桁橋梁としての吊橋や斜張橋がもっている問題、特に、振動問題、スパンの長大化による主塔巨大化の問題、橋脚時の自重増大問題等を、解消する方法として、ケーブル橋⁽⁴⁾の実現性を試みるものである。

ここで称するケーブル橋とは、吊橋や斜張橋の主塔を必要としない、いわば、吊橋と吊床版橋との中間的性質を有する新しい構造形式を持つ橋梁である。それは、兼あって引張力を加える事で、サグを小さくしたケーブル上に、床組又は補剛桁を載せる構造となり、サグは吊橋と吊床版橋の中間的値を有するものとなる。橋の剛性を確保するためにサグを小さくする事で、ケーブルの引張力は吊橋よりも非常に大きくなる。ここで、この大きなケーブルの引張力を破着する問題が提起されてくるが、これ等、ケーブルの破着問題及び、床組、補剛桁等の取り付問題は、静力学的な面で別に検討を加える事とし、本報告は、動力学的な面からのケーブル橋の可能性に検討を加えるものである。

先づ無揺剛ケーブル橋についての振動問題を、防振方法を含めて検討する。ケーブル橋の振動時の引張力の増分については、低次のもの程大さくなるので、低次の振動をあつかった。又、防振方法としては、文獻等^{(2),(3)}で、その有効性が確認されている速度比例型オイルダンパーを用いる事にした。

2. 解析式及び実験方法について.

2-1 解析式(1). 水平等分面荷重を担うケーブルの運動方程式

図1に示すケーブルの運動方程式を解く上に次の仮定をもうける。仮定①、微小振動をあらわりの正 x 方向の変位は無いものとする。②振動は極微小振幅とするので、図2に示される変形率とカッパ κ の変形後は $\phi \div \phi$ とする。③高次の微小項を省略する。

$$m \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} = H_p \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + H_w \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} - H_p \frac{w}{H_w} : [L_E = \int_0^L \left(\frac{dx}{ds} \right)^2 ds]$$

式は非線形の連立偏微分方程式となるが、微小振動を対象としているので、

今回は、エネルギー法にて線形近似化を試み、低次振動における、引張力の増分、振動モード、サゲとの関係を、実験値と比較する事を主眼とした。

l : スパン長, A_c : ケーブル断面積, H_0 : 水平引張力, W : 単位長さ当りの荷重, η : 振動振幅
 f : サグ, E_c : ケーブルのヤング率, H_b : 引張力の増分, m : 質量

解析式(2) 防振のために、粘性抵抗を付加した場合、

基本的な例として、図-3に示される様に、スパン中央に $P \sin \omega t$ なる正弦振動の集中力を作図させて、粘性抵抗力を対称に設置した時の運動方程式は、次の様にあらわされる。

$$m \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} - H_0 \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} + C \frac{\partial \eta}{\partial t} \{ \delta(x-x_0) + \delta(x-l+x_0) \} = P \sin \omega t$$

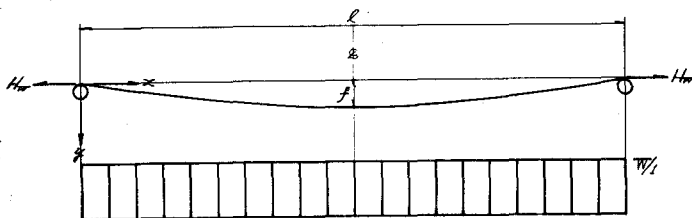


图-1

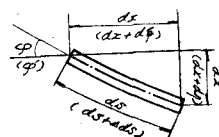


图-2

なお、ダンパーを取り付けた場合の計算値と実験値の比較は、当日発表する予定である。

2-2. 実験方法について.

簡単なケーブル橋の模型を製作し、実験に供した。無制剛ケーブル橋の模型概略図を図-4に示す。主な諸元は、

スパン = 1,000 cm, ケーブル幅

22 cm, $W \approx 0.1 \frac{kg}{cm}$ である。又、

引張力の増分測定には、テン

ションメータを製作し、サグ

調節には、ターンバックルを

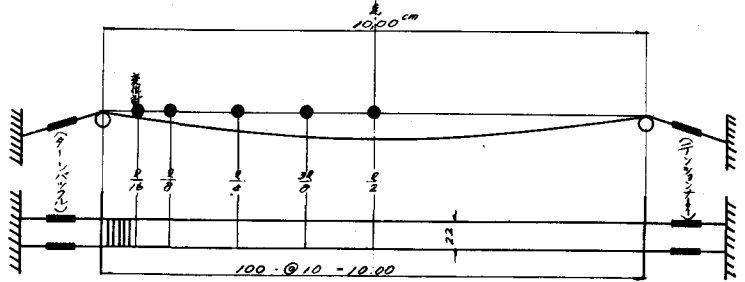
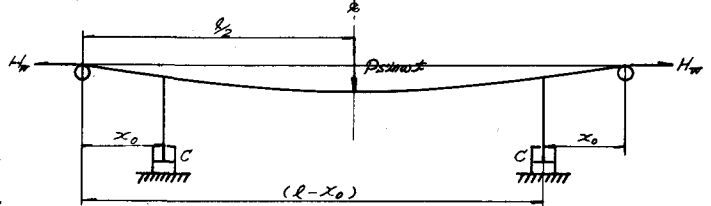
用いた。なお、初期振幅は、

スパン中点を人力にて加振し、

充分時間を経て過渡振動が滅

衰した後、測定を行った。

図-4に示す●印は、変位計設置点である。



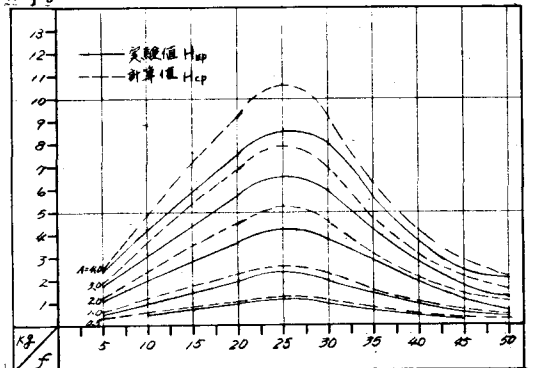
3. 防振用ダンパーについて.

液体の粘性を利用するダンピング刀は、速度に比例するものであるが、解析上原則である。そこで、ピストン式のオイルダンパーを製作し、シリコンオイルの粘性係数を変化させて、その有効性を調べる。ダンパーについては、計算値との比較のため、なるべくフーロン減衰を小さくする様に心掛けた。ピストンシリンドラーはアクリル樹脂製、ピストンは真鍮である。なお、基礎的な振動実験を行った後、スパンの各点に対称にダンパーを取り付けて実験を行った。

4. 結果及び考察.

ケーブル橋の位次の対称振動についての結果を次に示す。

図-5



(1) 引張力の増分について; 実験 H_{kp} と計算 H_{cp} について;

図-5に示す。 H_{cp} は H_{kp} で $0.8 \sim 0.9$ の範囲にある。

これは、近似計算により別途に求めた振動数が

実験値よりも大きい事から考えられる。加えて

増分の値は数kgとさう小さな値であるので、引張

の増分が工法に使用したテンションメータ等の不

満も考慮される。又サグの増加にもない、反重力方

向性に変化する時、引張力がそれに比例して増えない

が、 η が小さい時は、増加する傾向にある。この事は

H_0 の成るする範囲が、変位の大きいこと、サグによって規定されることを定性的に示していると考えられる。

(2) 振動数について: 実験値と計算値との差は5~7%生じており、サグが増加するに従い誤差も大きくな

て来る。これは、サグの増加にもない H_{kp} の減少によって、 H_{cp} 影響ようが入ってくるものと思われる。

(3) 振動モードについて; 対称一次モードは、パラメータ3項採用したものと一致する傾向にある。二次モード

は2項採用のものに近い値であるが、支束付近で生ずる誤差が大きい。これは、実際には、高次振動が生

じているので、モードの仮定にも一考を要する。又、振幅については、下方向の振幅が上方向よりも、やや

大となっている。振動時の節となる点は、上方向と下方向では移動している。これは、 H_{kp} の増減にともな

ケーブルの伸びの速に生ずるものと考えられる。

(4) ダンパーを付けた場合:

ここでは、サゲ10kVAの場合の、振幅と時間の関係を図-8、対数減衰率について図-9に示す。資料が少ないので定性的であるが、ダンパーの制振効果がケーブル橋の防振についても有効であると考えられる。しかし、前述した様にダンパー取付時の振動性状をより詳しく定量的に把握し、提起された種々の問題が、ダンパー取付大橋の場合、どの様に变化するのか、解析方法とともに検討しなければならない。

又、補剛桁ケーブル橋についても、同様に比較実験を必要とする。

参考文献

- 1) 吉原健雄「ケーブル橋の研究」について(東北大学修論(昭和42年度))
- 2) 金田茂「高橋大橋の振動特性」土木学会論文集 No. 177.
- 3) 金田茂「超長大橋の振動特性」土木学会論文集 No. 222 (昭和43年度)
- 4) 東北大学修論「野村、佐藤(早)、山科、佐藤(昭)」

図-8

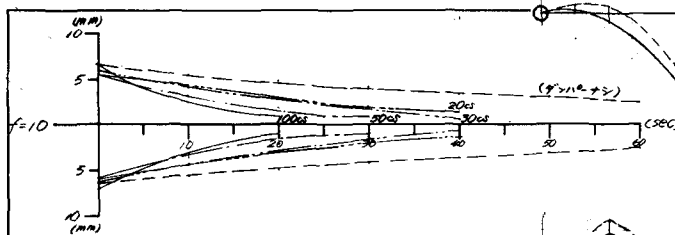


図-9

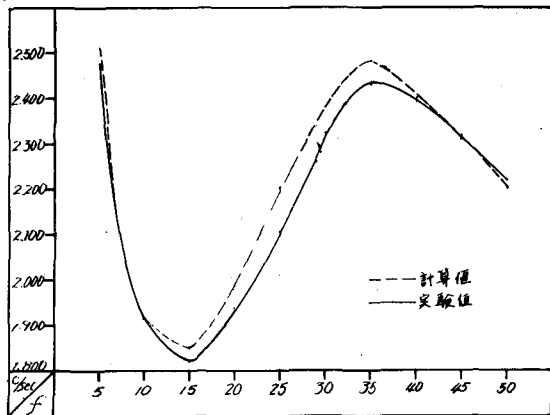
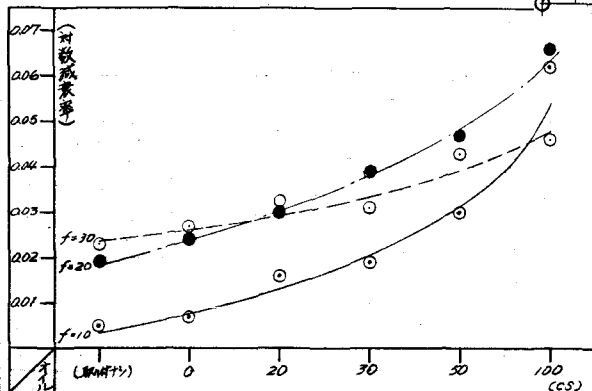


図-6

