

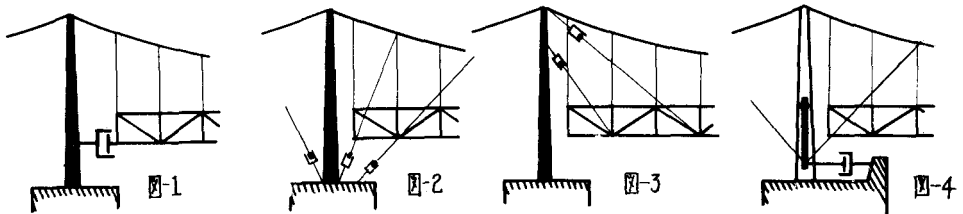
東北大学工学部 正員・倉面 茂, 正員・高橋龍夫

吊橋の足突は振動し易いという点である。この振動し易いということは、外力に対して変位が大きく、制動力が小さいということである。補剛桁の曲げ剛性のある程度大きくしたり、吊材を斜めに張り、剪断力に耐えられる形にして剛性を増し、外力に対しての変位を減少させることができる。

又、このような方法により内部摩擦も増加し、いく分、振動を制動することも出来る。しかし、こういった内部摩擦による制動には限度があり、大きな制動力は期待し難い。

本文は、この制動力を増加させるために、吊橋のケーブル、又は、補剛桁に集中的なダンパーをとりつけた場合を考察する。

考えられるダンパーとしては (I) 支突ダンパー、(II) ケーブルダンパー 等がある。前者は図-1に示すようなもので、旧ゴマ橋等にもつけられたという報告もあり、こういったダンパーをとりつけたという例も、其の他報告されている。このような橋軸方向の動きに、ダンパーが有効に作用するのは、補剛桁の撓み振動と、補剛桁の橋軸方向の振動が連成される場合に限られる。即ち、単径間吊橋で、逆対称振動に対して有効である。後者は図-2に示すようなものが考えられ、又その変形として図-4のものも考えられる。このダンパーは、タワーの基部付近に設けられ、ケーブルの動きに、制動を与えようとするものである。後者は前者に比べて広範囲に振動を制御することができ、しかも、ダンパーがタワー基部にあるため、維持管理もし易く、タワー上部に余計な重量物を置く必要もない。



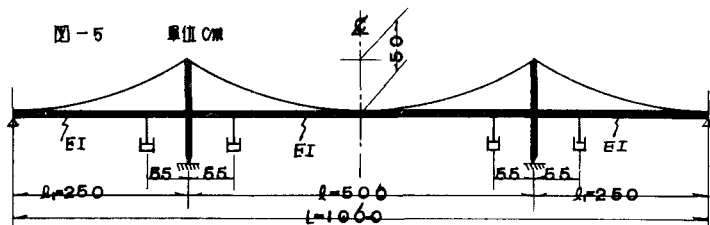
今 ダンパーとして、速度比例形のダンパーを考える。ダンパーにより、1サイクルに失われるエネルギー ΔW は、ダンパーの変位を w_0 、ダンパー力を f_0 、ダンパーのキャパシティーを C 、角振動数を ω とすれば $f_0 = C \dot{w}_0$, $\Delta W = C w_0^2 \omega \pi$ (1)

1サイクルに失われるエネルギー ΔW と、吊橋の全エネルギー W との比を d として、対数減衰率を γ とすれば、 $\gamma \approx \Delta W / W = 2d$, $d = \Delta W / 2W$ (2)

ダンパーをつけることにより、振動モード、振動数に変化がないものと仮定して、単径間吊橋で、支突ダンパーの場合、総重量を1万吨、振動周期を5秒、目標とする対数減衰率を1とすると、必要とするダンパーのキャパシティーは 6 ton/cm/sec となる。ケーブルダンパーの場合、ケーブルの橋軸方向の移動量、鉛直方向の移動量をそれぞれ w_0 , v_0 とし、ケーブルダンパーの水平となす角を β とすれば、

$\Delta W = C \omega \pi (W_0 \cos \beta - V_0 \sin \beta)^2$ となり、同様に計算される。しかし、ダンパーをとりつけることにより、振動モード、振動数には変化が生じる。このため、前記の計算方法では正確なダンパーのキャパシターは求め難い。図-5のような吊橋の模型により、ダンパーの、振動モード、振動数及び対数減衰率におよぼす影響を調べてみた。それ等の結果を表-1、図-6、図-7に示す。振動は対称振動について行い、ダンパーのキャパシターは 40, 100, 200, 500 (g/cm/sec) の4通りを行った。

結果からも解るように、ダンパーにより、振動数にはかなりの変化がみられ、又、振動モードはダンパーの影響をうけることを示している。又、対数減衰率も大巾な増加を見せ、ダンパーによる振動制御の効果は著しいものがあると考えられる。



概要

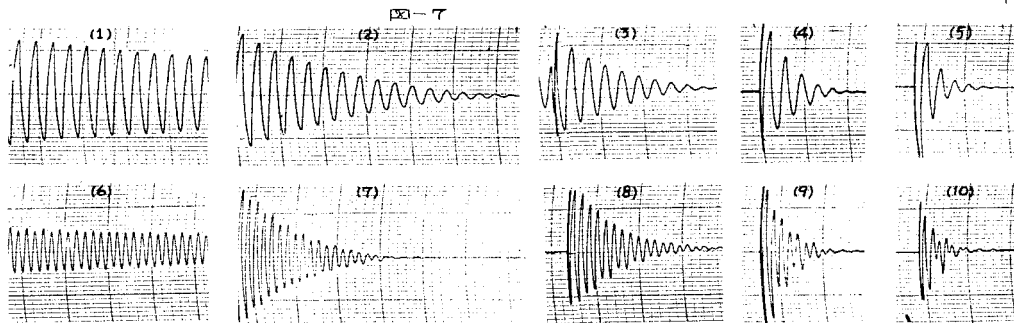
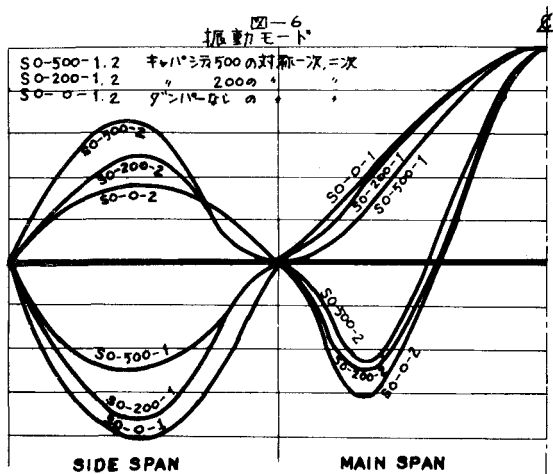
補剛材の曲げ剛性 $EI = 1.7 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 、死荷重による7-7'の水平反力 $H_w = 138 \text{ 噸}$ 、7-7'の断面積 $A_c = 0.013 \text{ cm}^2$ 、 $C = 2/H_w/EI = 14.4$ 、 $f/l = 0.1$ 、 $l_1/l = 0.5$ 、

図-7において(1)~(5)は対称一次、(6)~(10)は対称二次の振動の減衰を示すものであり、左より順次ダンパーのない場合、キャパシターが 40, 100, 200, 500 g/cm/sec の場合である。

ダンパ係数 g/cm/sec	振動周期(秒)		対数減衰率		D	
	対称一次	対称二次	対称一次	対称二次	対称一次	対称二次
ダンパなし	0.79	0.38	0.04	0.02		
40	0.79	0.38	0.23	0.15	0.11	0.12
100	0.78	0.37	0.36	0.19	0.27	0.29
200	0.76	0.37	0.51	0.34	0.54	0.59
500	0.70	0.32	0.70	0.70	1.35	1.47

表-1

表中、Dは、式(2)を用いて計算した対数減衰率、但しダンパーは鉛直方向のみ有効とした。
模範概算に記載ある値を用いて振動周期を計算すると次の値を得る。対称一次：0.77 秒
対称二次：0.37 秒



このように、集中的ダンパーを取り付けることにより、振動性状には大きな変化があるが、吊橋の振動制御に大きな効果があることが認められる。