

動吸振器による連続吊橋の防振に関する実験的研究

東北工業大学 学生員 山田幸伸、正員 高橋龍夫

従来より、構造物の防振および制振を行なうために動吸振器が利用されている。振動エネルギーを吸収する機構の採用は、今世紀の当初(1909年)、機械工学の分野におけるものが最初であると云われている。以後、機械工学のみならず、他の多くの分野においてもこの機構が利用されている。歩道橋への適用、高層ビルへの応用等我が国をはじめ米英等において土木工学の分野における数多くの実例がみられる。

筆者等は エネルギー吸収機構の一つである動吸振器(質量、バネ、ダッシュポットより成る)を吊橋等の可塑性の高い構造物に適用し、これ等の構造物の防振及び制振とはかる試みを研究し続けて来ている。従来、用いられていた吸収器は、その質量が、構造物本体の質量に比べて、決して小さいものゝと云ふことは出来ない。なかには質量比が1/10以上の大きいものもあり、構造物の設計に大影響を与えているものもある。しかし、可塑性の高い構造物の振動防止に用いる動吸振器の質量は、必ずしも従来のような大きなものである必要はなく、質量比が1/100以下のものでも、バネ係数、粘性抵抗力を適当に組み合わせれば、所定の制振作用を期待することが出来る。本研究は、図-1に示すような三往間連続吊橋の模型に、質量比約1/100の動吸振器を取りつけた場合の制振効果について、実験結果を主体に報告し、合せ、考察を加えたものである。

実験に用いた吊橋は、

主往間700cm、側往間

350cmのOS式吊橋で

鋼材の曲げ剛性

$$EI = 0.844 \times 10^6 \text{ kg cm}^2$$

ケーブルの伸び剛性

$E_c A_c = 6.20 \times 10^4 \text{ kg}$ である。動吸振器は、側往間の中央に1台ずつ合計2台を対称にとりつけた。動吸振器の質量は吊橋本体の約1/100に作る大きさにした。動吸振器の固有振動数は、ケーブルの長さで調整することにより、バネ係数の大きさを増減し、変化させた。制振を行なう振動は、対称一次振動及び逆対称一次振動であり、それ等の振動数はそれぞれ $f_1 = 1.15 \text{ Hz}$ 、 $f_2 = 1.47 \text{ Hz}$ である。ダッシュポット機構の粘性抵抗力は用いたオイル(東芝シリコンオイル)の粘度を変化させることにより所定の抵抗力を得た。

図-2は対称一次振動における対数減衰率と粘性抵抗力係数との関係を示すものであり、図中の○印は数多くの実験値と平均した値を示している。

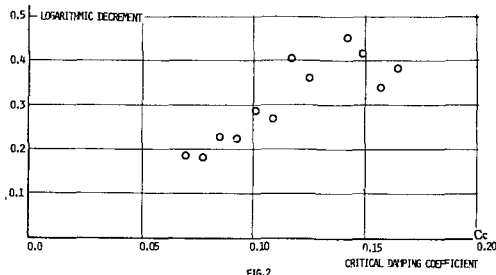
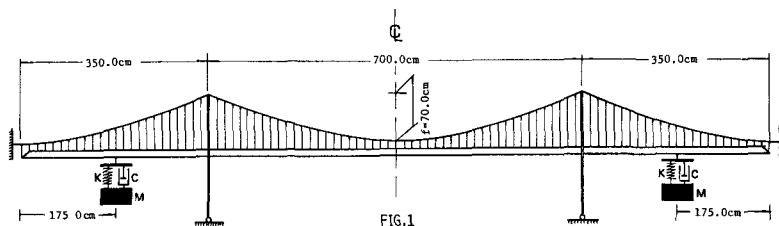
横軸には、動吸振器自体の臨界減衰係数 C_c がとり、この臨界減衰係数は次の式より算定される。

$$C_c = 2 \sqrt{MK} = 4 \pi f M$$

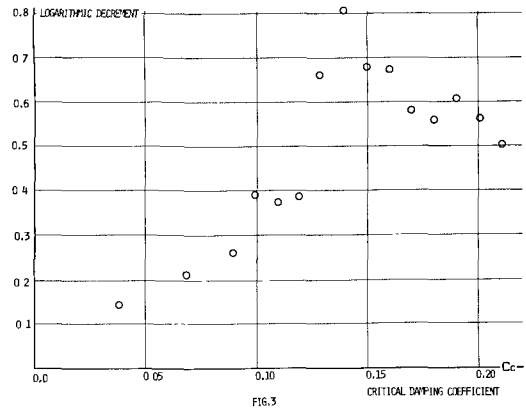
対称一次振動の場合には $C_c = 4 \times \pi \times 1.15 \times 4.25 \div$

$980 = 6.27 \times 10^{-2} \text{ kg sec cm}^{-1}$ となる。(動吸振器は、吊橋本体の固有振動数に同調させてある)。図-3は、逆対称一次振動の減衰自由振動における対数減衰率と粘性抵抗力係数との関係を示す実験値であり、この場合の臨界減衰係数 C_c は $C_c = 4 \times \pi \times 1.47 \times 4.25 \div 980 = 8.01 \times 10^{-2} \text{ kg sec cm}^{-1}$ となる。

いおれの場合において、対数減衰率は、吸振器の粘性抵抗力の増加にともない、大きくなり、2行へ傾向を示し、

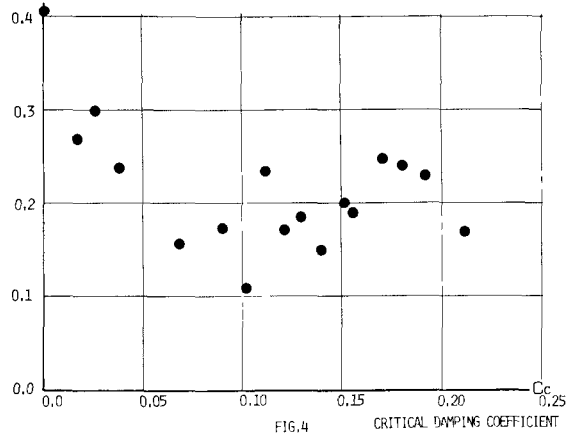


臨界減衰係数の15%前後で 最大値を示している。対称一次振動においては 粘性抵抗力 $C = 0.94 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{s} / \text{cm}^2$ で 対数減衰率 $\delta \approx 0.46$ であり 逆対称一次振動においては 粘性抵抗力 $C = 1.20 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{s} / \text{cm}^2$ で 対数減衰率 $\delta \approx 0.8$ である。これ等の実験値は、動吸振器には 最適粘性抵抗力とも云うべき粘性抵抗力の値が存在し この値は、同調すべき吊橋本体の固有振動数及び吊橋本体と動吸振器の質量比により決められる量であると考えられる。



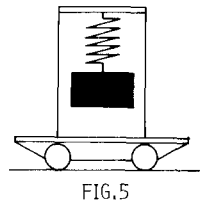
いすかにいえる 対数減衰率が 0.4~0.8 という値は 吊橋の振動の減衰が著しいものであることを示しているのであり、吊橋全体の総重量 400 kg に対して、わがが $1.2 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{s} / \text{cm}^2$ の粘性抵抗力により顕著な制振作用を生じさせることが出来る。動吸振器の質量比をもっと小さくしても かなり大きな制振効果が期待出来るものと考えられる。

図-4は コイルスプリングに鐘を下げた 橋構と台車に載せ (図-5) この鐘に一定の初期振動を与えたものを吊橋上に一定の速度で走行させた時の振動振幅の増分を示したものである。振動振幅は 中央径間中央の最大振動振幅と鐘による静たわみとの比を用いて縦軸に表わされており、横軸は、動吸振器の粘性抵抗力 (臨界減衰係数) である。



鐘の重量は 3.4 kg、台車の総重量は 0.6 kg であり、この鐘の固有振動周期は 吊橋の対称一次振動周期と同調させた。橋上を走行する速度は 93 cm/sec であり、1400 cm の橋上を通過するのに要した時間は 15 秒である。

この実験値は 動吸振器が外力に対してどのような制振効果を発揮出来るかを示したものである。動吸振器を取り付けない場合に比べ顕著な制振効果がみられる。強制振動の場合においては 動吸振器の粘性抵抗力が一定の値の場合 (臨界減衰係数の15%前後) に最も制振効果が大きいことがわかった。



本研究は「可撓性構造物の防振及び制振と動吸振器により行なうための研究」の一部となっており、可撓性構造物の一例として 三径間連続吊橋を取り上げ、動吸振器の制振効果を実験的に実証したものである。この研究にあたり、東北工大学生 草谷義孝 橋本孝幸両君の協力を得たことを附記する。

* T. TAKAHASHI, S. KURANISHI "Dynamic Behavior of Flexible Structures with Vibration Absorber" 7th World Conference on Earthquake Engineering, 1980

* S. KURANISHI, T. TAKAHASHI, S. ELHILO, "Dynamic Behavior of Suspension Bridges with Dampers" The Technology Reports of Tohoku Univ. Vol 38, 1973, NO 1 July pp 11~15.