

東北大学 山田俊次, 東北大学 高橋龍夫, 東北大学 倉西 茂

建設上の長大吊橋主塔や斜張橋主塔の防振装置としては、スライディングブロック方式や油圧ダンパー重錘方式が採用されその成果が報告されている。この方式では長大なケーブルを引張ることになり、ケーブル自身の不安定振動や、ケーブルの定着地点の確保が問題である。他方、著者等は、塔状構造物の防振(制振)装置としての動吸振器(TMD)の有効性について研究成果を発表しこの使用を提唱して来た。我が国におけるTMDの実構造物に対する応用例としては、名港西大橋(斜張橋)主塔への試験的取り付け等、わずか、一、二の例をみるに過ぎない。しかし、試験的な実施であるといえ、実構造物への適用がなされたことは注目し得るものがある。今後、多くの構造物への適用がなされるためには、細部にわたり検討が必要と思われるが、本研究は防振装置としてTMDを採用することにあたり、装置の大きさ及びその制振効果を検討するための簡易計算法を示すとともに、模型による実験結果と合わせて報告するのである。

塔状構造物用のTMDは米国で採用されている、摩擦の小さい床面上を滑走する形式や、図-1 a, b に示される振り式TMD、片持深式TMDが考えられる。本研究は図-1に示される型式をとりあげる。aタイプは名港西大橋で実施された方式である。a, b いずれにもTMDの制振効果を最大に発揮させるためにはTMDの振動周期とある特定の周期(構造物の周期より若干のズレが生じている)に同調(fine tuning)する必要がある。

振り式TMDの振動周期 T_p はTMDの集中質量 M に關係せ、振り子の腕の長さ l のみで決まる。 $(T_p = 2\pi\sqrt{l/g})$ 。したがって主構造物の振動周期により、TMDの形状が一定の大きさに限定されることとなる。片持深式TMDの振動周期は深の曲げ剛性 EI 、長さ l 、集中質量 M の三つの要素と適当に組合せることにより、広い範囲で振動周期と同調出来る利点があるが、その計算は複雑となる。(計算方法については文献**と参照されたい)。いずれにしてもこのa, b双方のタイプのTMDは同一の振動性状を示す部分が多い。

塔状構造物が何算かの手法で算価な一質点系に置換出来たとすれば、TMDを取り付けることによる制振効果の計算は次に示される振動特性方程式を解くことにより容易に出来る。

$$\lambda^4 + 2\mu g(1+1/\bar{m})\lambda^3 + \{1+g^2(1+1/\bar{m})\}\lambda^2 + 2\mu g\lambda + g^2 = 0 \quad (1)$$

ここで、 λ : 複素変数

$\bar{m}$: 質量比(塔状構造物の算価質量/TMDの質量)

μ : TMDの粘性係数とその臨界粘性減衰係数との比(c/c_c)

g : 振動数比(TMDの振動数/塔状構造物の振動数)

特性方程式を解くことにより2組の共役複素根が得られる。今、 $\lambda_1 = R_1 \pm iI_1$ とあれば

$\lambda_2 = R_2 \pm i I_2$ であり、 λ_1 と λ_2 との間には、 $R_2 = -\{R_1 + \mu g(1 + 1/\bar{m})\}$ 、 $I_2 = \frac{1}{2} \sqrt{4g^2/(R_1^2 + I_1^2) - \{R_1 + \mu g(1 + 1/\bar{m})\}^2}$ の関係がある。

この場合の制振効果は対数減衰率 δ_1, δ_2 で表示し易く、それぞれ $\delta_1 = 2\pi R_1/|I_1|$ 、 $\delta_2 = 2\pi |R_2|/|I_2|$ で表わされる。実際の振動においては対数減衰率の小さい方の振動、即ち、減衰の小さい振動が生じるため、制振効果は小さい方の対数減衰率で評価される。

図-2 は特性方程式(11)より計算した対数減衰と振動数比の関係を示したものであり、質量比 $\bar{m}=100$ の場合である。図中のパラメーター μ は TMD の粘性係数と臨界減衰係数との比である。振子方式の TMD と片持梁方式の TMD では臨界減衰係数が若干異なるので同一の質量比においても、対数減衰率は異なる。

しかし、いずれにしても、与えられた質量比をもつ TMD において、適当な粘性係数を選ぶ、その振動周期と同調させれば大きい制振効果をもつことを明示している。

図-3 は模型実験の結果の一部を示したものであり、計算値と同様に対数減衰率と振動数比の関係を示してある。実験に用いた模型は図-4 に示す諸元をもつものであり、使用した TMD は

α 917°、即ち振子式 TMD である。

実験値は質量比 $\bar{m}$ が 50, 75, 150 の3種類について示されており、TMD の粘性係数 C は $8.7 \times 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{sec} \cdot \text{cm}^{-1}$ の大きさをもつ一種類についてのみ示した。

振子方式の TMD であるため、臨界減衰係数が振子の腕の長さにより変化し、計算値と直接比較し

難い。パラメーター μ は 0.10 前後となる。

同一の模型を用いて、片持梁方式の TMD についても実験値を併せているので合わせて報告したい。

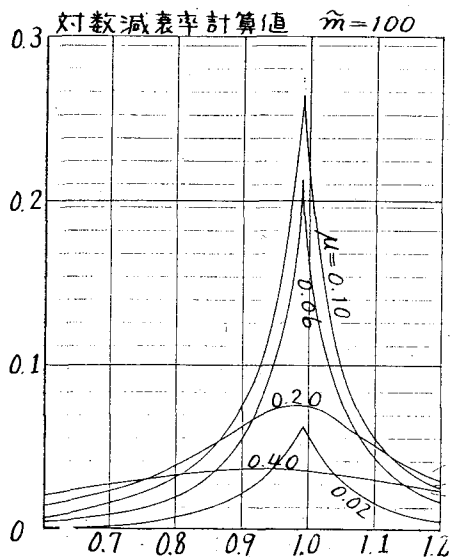


図-2

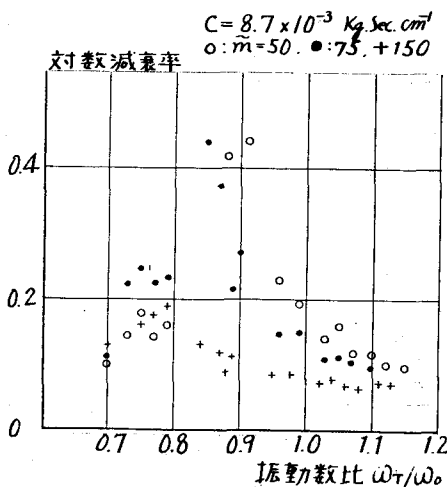


図-3

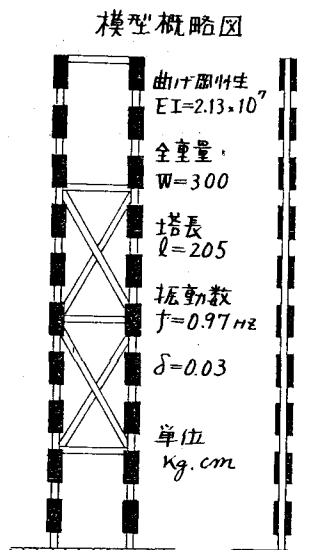


図-4

* 第38回土木学会年講 I-264. 「動吸振器による長大橋主塔の架設時耐風制振法」日本鋼管、加納他

** 昭和三十五年土木学会技術研究発表会「吊橋主塔用吸振器の主構用吸振器の取付について」高橋、名西