

I-14 架設途中の吊橋主塔の防振について

東北工業大学 正会員○高橋 龍夫

〃 〃 山田 俊次

昨今、吊橋や斜張橋等の長大橋梁の有害な振動防止のため、動吸振器(TMD)や液体の動きを利用したダンパー(TLD)の各学会における研究発表が盛んである。実橋梁におけるTMD設置の試みも、名港西大橋(名古屋港)、花畔大橋(北海道)はじめ最近では横浜ベイブリッジ(何れも斜張橋)においてなされている。TMD自体の研究は古くからなされており、機械工学の分野での防振方法としては一般化されたものである。土木構造物へのTMDの応用も機械工学の理論を適用している場合が多い。定性的な解析を行うにはそのままの適用で十分であっても、定量的な面では必ずしも適切な解析がなされないこともある。

TMDにより防振を図る振動物体の諸元や性質が土木構造物と機械では相異なる所が多い。例えば、振動周期の長短、質量の大小、形状、所要の防振効果、使用目的等々である。本四連絡架橋等に見られる長大吊橋の低次の固有周期は3~7秒、超高層ビルのそれは2~6秒であり、諸機械の固有周期とは比較出来ない程長い。質量の大小や形状についても述べるまでもない。

本研究は、TMDの土木構造物への応用時において、各構造物に適したTMDの形状の提案と、より正確で簡易明確な解析方法を提示しようとする目論見の一環であり、建設途上の長大橋梁の主塔の防振を目的としたTMD効果を検討したものである。

一般に、橋梁主塔の防振のためのTMDの設置は、主塔の頂部かあるいはその付近の位置になされることが多い。制振効果を考慮した設置位置選択と思われる。しかし、塔の形状や外観等の制約あるいは建設途上の段階では、頂部付近ではなく、中間位置に設置せざるを得ない場合も考えられるが、いずれの場合においても、TMDの制振効果の検討は、図-1に示されるように、構造物を等価な一質点系に置換し、TMDとを合わせた二質点系として行われている。周知のように、TMDの制振効果は、構造物とTMDとの質量比、振動数比(tuning)および粘性抵抗の大きさの3要素により決まるものであるが、図-2で示されるように、塔の中間にTMDが設置される場合には、設置位置がTMDの制振効果に与える影響を検討しなくてはならないと思われる。この影響を取り入れるために、二質点系の振動モデルの構造物とTMD(振り子型動吸振器)との間に、図-3で示されるような振動変位減少機構を取付ける。変位減少の割合は、図-4で示されるように、片持ち梁の低次の基準振動形に近似させた式による振動振幅を用いる。運動方程式は次のように書き表され、この式より、(3)式のような複素振動方程式が容易に導かれる。

$$M \ddot{X} + C(p \dot{X} - \lambda \dot{x}) + KX - m \cdot g(x - pX)/l = 0 \quad (1)$$

$$m \ddot{x} + C(\lambda \dot{x} - p \dot{X}) + m \cdot g(x - pX)/l = 0 \quad (2)$$

$$s^4 + 2 \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \omega(\lambda + \gamma \cdot p) s^3 + \omega^2(1.0 + \alpha^2(1.0 + \gamma \cdot p)) s^2 + 2 \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda \cdot \omega^3 + \alpha^2 \omega^4 = 0 \quad (3)$$

(3)式では次のような α 、 β 、 γ 、 p 、 ω の5つのパラメーターを用いて各ケースに対応出来る計算式に書き改めている。

α : 構造物とTMDとの振動数比(ω_p/ω_s)

p : TMDの設置位置

γ : 構造物とTMDとの質量比(m/M)

λ : ダンパーの取付け方

β : TMDのcritical damping 係数に対する粘性係数比(C/C_c)

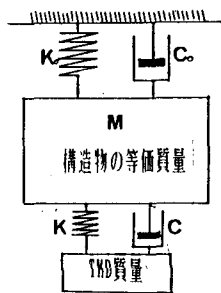


図-1

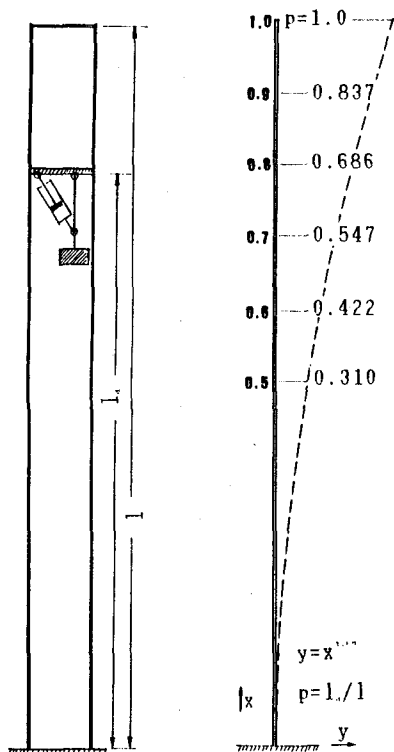


図-2

図-4

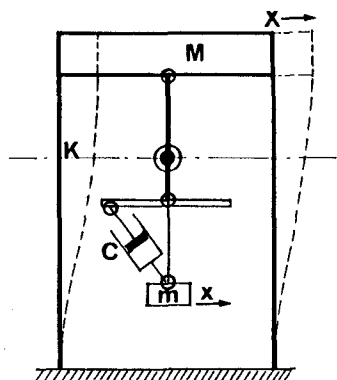


図-3

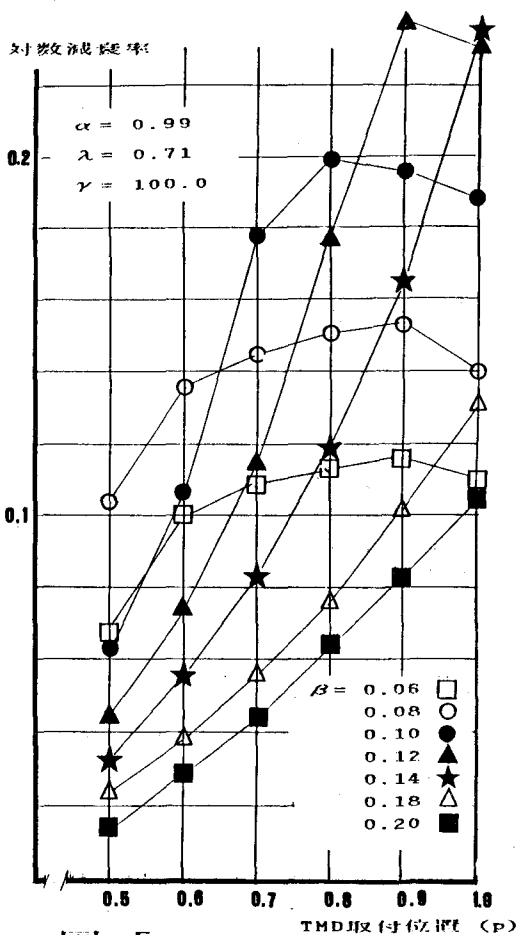


図-5

図-5は、(3)式を用いて、質量比(γ)が100.0、ダンパ η の取付け係数(λ)が0.71とし、振動数比(α)を0.99にチューニングしたTMDを取付けた場合、TMDの設置位置により制振効果がどのように変化するかを計算したものである。縦軸には減衰自由振動時の対数減衰率をとり、横軸にTMDの設置位置をとってある。TMDの粘性抵抗の大きさは、臨界減衰係数に対する比(β)で表しており、0.06~0.20 の範囲での計算値を示した。この図によれば、TMDの制振効果はその設置位置に大きく影響され、かつまた TMDの粘性抵抗によりその効果の大小が左右されることが解る。すなわち、TMD の設置位置により、最も制振効果の大きくなる粘性抵抗があることが示されている。これらの関係は、質量比、ダンパ η の取付け係数共に影響を受けるものであり、単純に二質点系の計算からだけでは求められな値と思われる。