

I-467 TMD設置と制振効果に関する一研究

横浜国立大学 正員 山田 均
 横浜国立大学 正員 宮田 利雄
 横浜国立大学大学院 河野 仁治

1. まえがき 空力振動の対策としてTMDの設置検討例が増加している。以前はTMDを含む機械的減衰装置は一般に非恒久的なものとして架設期間のみの制振対策として架設管理者の管理の下に設置されていたが、最近では耐力に関わる振動の制振対策としても検討され実際に設置されようとしている。さて、TMDの問題は古くから議論されており、ここでは次の点に着目し検討を実施したので研究成果を報告する。

1) 自励空気力の作用する場合の制振効果、 2) 複数のTMDを設置する場合の同調の問題

TMDの力学モデルは図-1に示すようなものとし、記号は図中に示すようなものを用いる。

2. 自励空気力振動系に対するTMDの効果 TMDが設置された場合の減衰性能の検討はTMDのアイデアの原点であり、強制外力振動系に対する動的応答倍率の変化、自励空気力振動系に対しては複素固有値解析より得られる固有振動モード減衰として議論されてきた。ところが、自励空気力振動系にたいして行われた安定条件式の議論から得られる臨界的な主構造系の負減衰力の範囲[1]と同じ系に対し推定されるモード減衰[2]が少なからず異なることが指摘されている[3](図-2)。この違いはまず、後者の固有振動モード減衰が大きな副振動系の質量効果も含む一般化質量を用いて減衰力を対数減衰率としているのに対し、実務としての空力振動制振の場合と同じく前者は主構造系の質量(等価質量)を基にした対数減衰率を用いていることがある。しかし、若干の解析を実施してみると、これのみでは先の違いは説明できないことが分かる(図-3)。一方、負減衰を主構造系に作用させて複素固有値解析を実施しモード減衰が0となる負減衰量を算定すると系の安定条件式と同じ状況を検討しているため一致する。このときの副振動系の減衰量をパラメータとし固有振動モード形を主構造系の減衰量が0の場合と負の場合について比較すると、図-4のようになり有意な差が現れる。つまり、主構造系にある程度の正の構造減衰があり副構造系に所要の減衰を作用させた通常モード減衰を得る振動系と風による自励振動時のように主構造系には負減衰がある振動系とは固有振動モード形は有意に異なりTMDの効果を考慮する上では通常モード減衰は不適当であることになる。したがって、自励振動の制振にTMDを設置し機能させるする場合には文献[1]のように励振の状況を反映した自励力の効果を含む振動系の安定性で議論する必要がある。

3. 複数のTMDを設置する場合の同調 例えば完成後の吊橋の主塔の内部にTMDを設置する場合を想定すると設置スペースの制約から同一の制振対象振動に対し非常に多数のTMDを設置することになる。また、副振動系の振動ストロークの制約から副振動系の振動を少なくするようにかつ同調が多少ずれた場合にも効果が極端には失われないように最適値よりかなり過剰な減衰をTMD与えるように設計が行われている。このときの問題は主塔の固有振動数への同調問題である。主塔の卓越する固有振動はかなり高次の振動であり、実橋で振動実験を実施し固有振動数を推定することは容易ではない。したがって、同調特性を鈍にするためにある振動数の同調させず同調比が分布するような系もTMDの設計方法として有り得るものであろう。解析結果例を図-5、図-6に示す。質量比は1%を想定しているので固有振動モード減衰に対する副振動系の最適減衰比はおよそ0.1となる。この最適値に対し副振動系の減衰が小さい場合同調比がある程度分布した方が良好なモード減衰特性を得られる。一方、副振動系の減衰が大きい場合には完全に同調した方が任意の振動数比の範囲で良好なモード減衰が得られることを示している。従って、一般にTMDが設計されている最適値より過剰な減衰を与えられている状況では主構造系の固有振動数の推定誤差の範囲を考慮した設計が行われた方が合理的といえる。

謝辞 本研究の実施にあたっては昨年度横浜国立大学学生山本治良君の努力によるところが大きい。

参考文献 1) 池田、五百井; 日本機械学会論文誌、43/371, 1977. 2) 山口; 日本機械学会論文誌、87/570 A, 1987. 3) 藤野; 風工学シンポジウム論文集、1990.

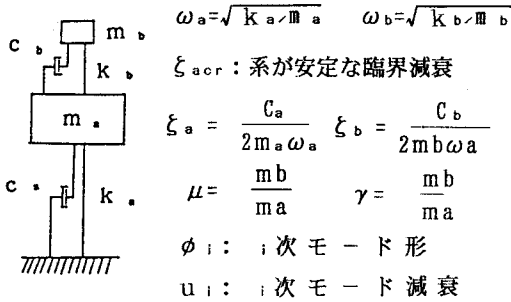
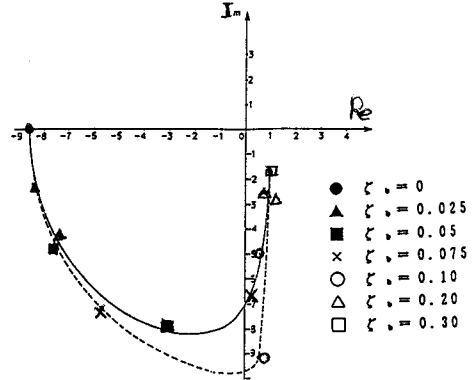


図-1 TMDのモデル



実線: $\xi_a = \xi_{acr}$ 破線: $\xi_a = 0$

図-4 モード形の違い (η_b/η_a)

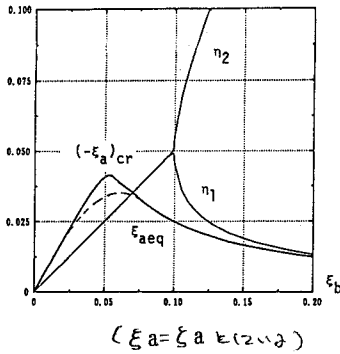
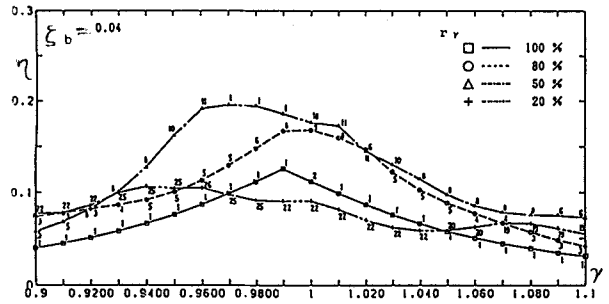
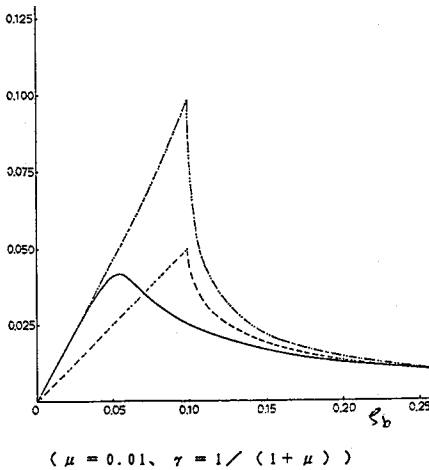


図-2 文献3による比較



γ : 同調振動数の $\pm 5\%$ 以内に
 ω_b があるTMD個数の割合

図-5 モード減衰 $\xi_b = 0.04$



実線 - ξ_{acr} 破線 η_1

二点破線 修正 η_1

図-3 TMDの質量効果を修正

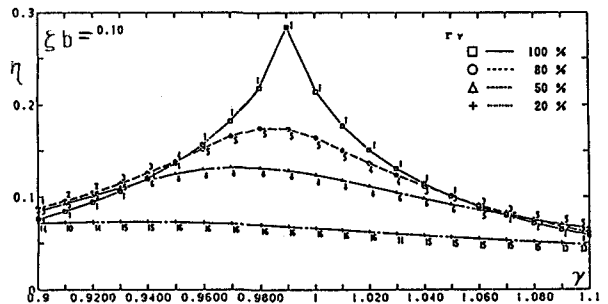


図-6 モード減衰 $\xi_b = 0.1$