

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

1. まえがき 吊橋の主塔、例えば明石大橋の主塔の完成後の空力振動対策としてTMDの設置による解決策が現在、検討されている。このようにTMDを大型土木構造物に実際設置する場合、TMDの最適設計に関して理想的検討のみならず、実現可能な現実的検討が必要とされる。そうした観点から現実的問題点を探ってみると、まず第一点としてTMDの同調問題が考えられる。周知の通り、TMDはある特定振動モードの固有振動数にTMDを同調させることによってはじめてその振動モードをよく制振することができるが、ここで制振対象モードが多くなればすなわち、それに見合うだけの数のTMDがどうしても必要となってくる。さらに、TMDの同調問題のもう一つの問題点は制振対象とする主構造物の固有振動数を精度よく推定することが困難な場合があることである。こうした同調問題の対処に同調比をあえて分布させた複数TMDを設置する方法が考えられるであろう。第二点としてTMDの設置スペース問題がある。土木分野において制振対象としている主構造物は主塔をはじめ、等価質量が非常に大きくTMDが一つのときにはそれはかなりの大きさをもつ。この対処として、より小規模なTMDに分割し、複数TMDとさせる方法が考えられる。第三点としてTMDの振動ストロークの問題がある。現在振動ストロークの制約からTMDには最適値に比べ過剰な減衰を与えている。つまり、TMDの制振効果のある程度犠牲にしても、あえて振動ストロークを小さくするような設計が行われている。第四点に空力対策として用いる場合に自励空気を対象としていることである。一般にTMD効果に関する研究は強制振動を対象としたものがほとんどであり、自励空気に対しては異なる効果の表れ方を示す。

そこで、本研究は自励空気が作用する系に同調比を分布させた複数TMDを設置した場合の同調効果について解析を行ってみた。なお、自由振動系を対象とした研究は昨年既に行っている。(参考文献1)

2. 系のモデル化とTMDのパラメータ 主構造物に n 個の複数TMDが付加していると考え、用いているパラメータはTMDの個数を n 、質量比 μ は今回は全てのTMDの換算質量が等しいものとする。同調比 γ とは正規分布した n 個の同調比の中央値であり、TMDの減衰定数 h は等しく、さらに同調比 γ の分散を表す値(%)は n 個のTMDの同調比 γ_i のうち($\gamma - 0.01 \sim \gamma + 0.01$)の範囲に値をもつTMDの全TMDに対する割合。例えば $n=100$ 、 $\gamma=1.000$ のとき $r=90\%$ とあれば、 $0.990 \sim 1.010$ の範囲に90個のTMDの同調比が存在する正規分布をなしていることを示す。以上のようにパラメータを設定する。

3. 複数TMDの同調効果と解析結果 複数TMDの制振効果と与系のモード減衰が正から負に転じるときに作用している自励空気に注目し、この値を臨界自励空気力定数 h_{c0} として評価することで考える。その具体的解析方法は複素固有値解析によって行う。今回の解析パターンは2通りである。TMDの個数 n と質量比 μ はそれぞれ30個と0.01とし、全ての解析ケースにおいて統一した。各解析パターンのパラメータ設定は図を参照されたい。

解析パターンIの結果を図-1~2、IIの結果を図-3~4に示す。

Iの結果全体をみて、同調比の分散の違いが制振効果に対して有意性を示すのはTMDの減衰定数の大小に関係なく、およそ同調比が0.995付近のときであり、対して図-3から同調比が0.900と大きくずれると、もはや同調比の分散及びTMDの減衰定数が制振効果に大きな影響を与えることはない。また、IIの結果及び、図-1よりTMDの減衰定数が0.049よりある程度小さい場合、複数TMD全ての同調比が同じ値であるより、むしろある程度分布している方が制振効果が高くなる。一方、減衰定数が0.049より大きい場合、同調

比の分散がない方が制振効果が高く、また減衰定数がおよそ0.2以上ともなると、同調比の分散の違いから制振効果に大きな違いが生じることはなくなる。

4. 考察 TMDの減衰定数が小さい場合、同調比がある程度の分散をもった方が制振効果が高いのは次のような理由によるものと考えられる。TMDの同調比が全く分布していないケースは主構造物と1個のTMDから構成された2自由度モデルとみなすことができる。この場合、TMDの同調が最適同調から若干ずれるとその同調比の画一性のため制振効果は大きく減じる。一方、TMDの同調比がある程度分布しているケースは最適同調から少しずれたときでも、それに対応し得る同調比を持つTMDが存在するため制振効果は上のケースのときよりも高くなる。だが、その分布も大きくなると同調効果を発揮し得ないTMDの存在率が大きくなる。したがって、この場合ある同調比で制振効果が最大値となるようなTMD問題の特性は得られず、その制振効果は同調比に無関係かつ低くなる。

一方、TMDの減衰定数 h が大きいとき、設計で考えている同調比がまさに最適の制振効果を生ずる値であったとしても、TMDの減衰定数が0.2程度の大きな値を設計値としている現実では、同調比の分布による制振効果の向上は生じない(図-4)。

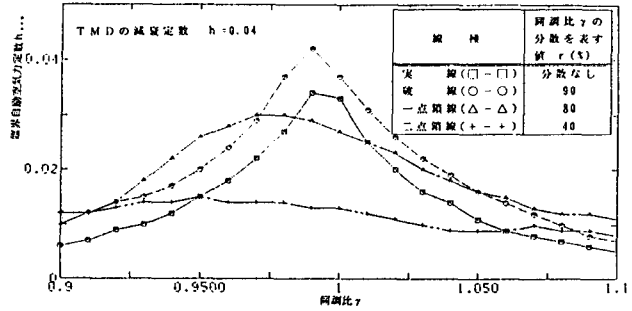


図-1

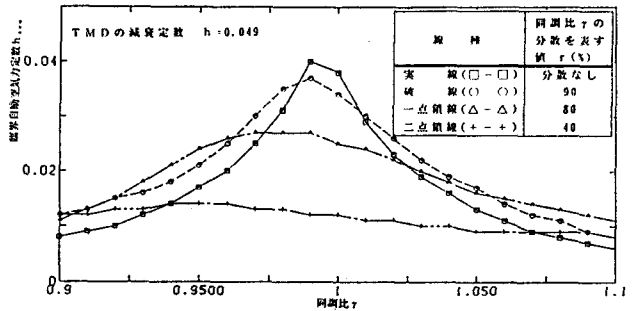


図-2

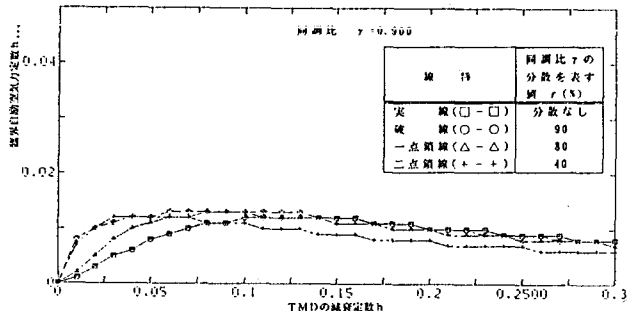


図-3

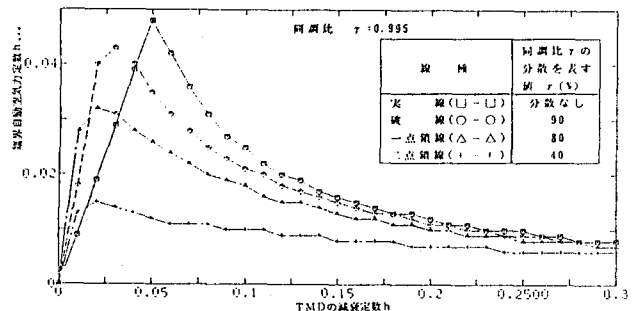


図-4

参考文献 1) 山田、宮田、河野；土木学会第46回年次学術講演会概要集、I-467, 1991.9