

I-392 衝撃質量ダンパ(IMD)による主塔の制振効果について

川崎重工業株式会社 正員 小川 一志
 ○川崎重工業株式会社 正員 泰永 一智

1. はじめに 近年構造物の長大化・高層化に伴い、各種制振対策が検討されるようになった。ここでは塔の壁面に沿って重錘を吊り下げ、重錘と塔との衝突により振動エネルギーを散逸させ、塔の振動を制振させる方式(衝撃質量ダンパ方式)を検討した。この方式によく似た例として、大鳴門橋の照明柱にチェーンダンパを使用した例が紹介されている¹⁾。但しこの場合、柱に対するダンパの質量比がやや大きかったように報告されている。本報告では質量効果が小さくても制振効果が期待できる振子方式による衝撃質量ダンパ(以下IMDと称す、図1参照)について検討した。この方式は、塔に集中質量として有効に作用する重錘を吊り下げるだけの装置で、構造が簡単であるほか、油圧ダンパのような機械制振装置を用いないため、長年にわたり信頼性が保証される等のメリットがある。

2. 実験概要 主塔模型による実験概要図を図2に示す。模型の設置状態は主塔独立時、偏角は 0° とし、主塔塔頂部並びにIMDの変位を光学式変位計により計測した。主塔とIMDの衝突面には緩衝材としてゴムを用いた。IMDの主塔に対する一般質量比は、1.9%の状態で行った。実験ではまず無風時の減衰効果並びに主塔とIMDの反発係数について調べ、続いて有風時の曲げ渦励振による振幅を調べた。

3. 実験結果 無風時の波形を図3に示す。ここで縦軸は主塔見つけ幅に対する応答振幅の比である。IMDを作動させることにより主塔の減衰効果が大きくなっていることが確認できる。本実験ではIMDの固有周期が主塔の固有周期の約2倍となるようにピアノ線の長さを調整し実験を行ったが、主塔とIMDの波形を比較すると、衝突により制振効果が発揮されている様子がよくうかがえる。なお反発係数を計測すると $e=0.5\sim0.6$ であった。図4は主塔の無風時構造減衰(対数減衰率)を表わしたものである。IMD非作動時には $\delta=0.122$ であった構造減衰が、IMDを作動させることにより $\delta=0.0547\sim0.1852$ とかなり大きくなっている。次にIMDを設置した模型を風洞内にセットし、実際に風を吹かせて主塔とIMDの応答振幅を調べた。その結果を図5に示す。本実験では曲げ渦励振に着目している。IMD作動時、主塔の見つけ幅に対する応答倍振幅比は $0\sim0.7$ であったが、IMDを作動させたことにより $0\sim0.05$ と振動がほとんど収まっている。

4. 考察 主塔とIMDの衝突による理論式は次式で示される。

$$u' - v' = -e(u - v) \quad (1) \quad mu + nv = mu' + nv' \quad (2)$$

ここで、 u 、 v は衝突前の主塔、IMDの速度、 u' 、 v' は衝突後の主塔、IMDの速度、 m 、 n は主塔、IMDの質量、 e は反発係数を示す。さてIMDの固有周期を主塔の2倍に設定した状態では、主塔とIMDの挙動は図6のように考えられる。衝突後 u' 、 v' の速度で動いている主塔とIMDは、速度 u' と $-v'$ で再び衝突する。この条件をもとに、主塔見つけ幅に対し強制変位0.1を与え、 $v=0$ として u' 、 v' を順次求めた。図7はIMDと主塔の一般質量比 $\mu=n/m$ と主塔の対数減衰率 $\delta=\ln u'/u$ との関係、図8は μ と主塔に対する振幅比 v'/u' を、それぞれ $e=0.5$ と 0.6 の場合について求めたものである。今回は $\mu=0.019$ の状態で行ったが、 μ を変化させた場合、主塔の構造減衰がどのように変わるのか把握することができる。例えば $\mu=0.01$ のときには $e=0.55$ の場合、 $\delta=0.08$ となる。このように μ と e の相関関係から δ を算定することができる。

5. おわりに 以上のように、主塔にIMDを設置することにより主塔の無風時構造減衰が大きくなり有風時の最大応答振幅も大幅に抑制されることが確認できた。

<参考文献> 1) 山田, 和泉他: 照明柱の風による振動とチェーンダンパの制振効果(その1)(その2)

土木学会第43回年次学術講演会, 1988年10月

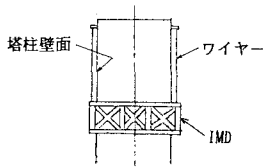


図 1. IMD概念図

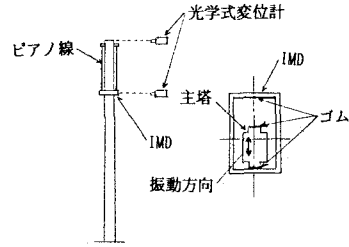


図 2. 実験概要図

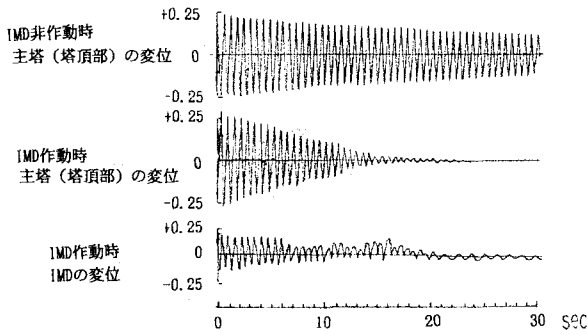


図 3. 波形の比較

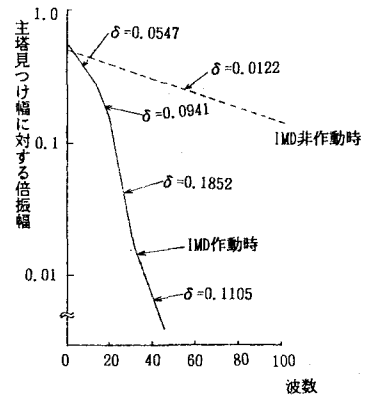


図 4. 主塔の無風時構造減衰

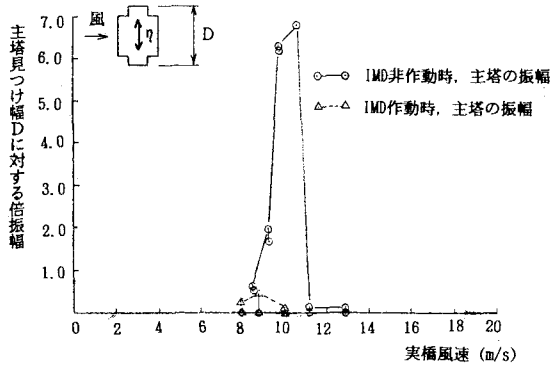


図 5. 風速と応答振幅の関係

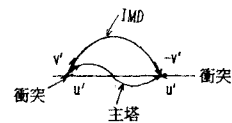


図 6. 主塔と IMD の挙動
(IMDと主塔の固有周期の比を 2.0とした場合)

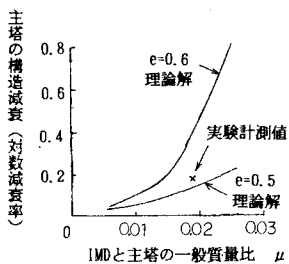


図 7. 主塔の対数減衰率に関する理論値と実験値の比較

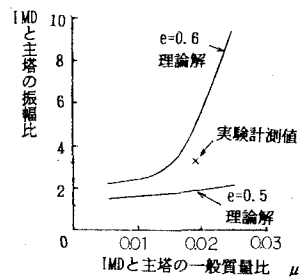


図 8. IMDと主塔の振幅比に関する理論値と実験値の比較