

衝撃質量ダンパ (IMD) の制振性能に関する検討

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 斎藤敏雄

1. まえがき

吊橋、斜張橋の塔や煙突などの塔状構造物では、風により振動が発生しやすく、同調質量ダンパ (TMD)、同調液体ダンパ (TLCD)、衝撃ダンパ (ID)、衝撃質量ダンパ (IMD=Impact Mass Damper) 等各種の機械的制振対策がなされている。衝撃質量ダンパ (以下 IMD と称す) は塔状構造物質量の数%程度の質量を有する重錘を塔に正面衝突させ、塔と重錘の衝突による散逸エネルギーを塔の制振に利用する装置である。このため IMD は機構及び構造が簡単であり、作動性、経済性かつ耐久性に優れている。IMD は制振性能に関して、塔と IMD の振動数比 $N_0/N=2.0$ の場合において有効であることは今までの実験ですでに確認している。今回、本報では塔と IMD の振動数比及び IMD と塔の一般化質量比をパラメータとし、塔の対数減衰率との関係を定量的に確認したので以下にその時の実験結果を報告する。

2. 実験概要

全長 2.75 m 縮尺 1/85 の塔模型に図 1 の実験概要に示すごとく IMD 装置を取りつけ無風時での制振性能に関する実験を行なった。IMD 重錘は鋼製ブロックを使用し、振子としてワイヤロープを架台より吊り下げた。IMD 重錘と塔の間には緩衝材としてゴムを塔に張りつけ、IMD 重錘が塔に当たった時の衝撃力が塔に直接加わらない様にし、ゴムと IMD 重錘との間の隙間はゼロとなる様に IMD 重錘を架台より吊り下げた。塔と IMD の振動数比を変える実験においては、塔の振動数と IMD 質量を一定とし、IMD の振動数を振子の長さを変えることにより調整し、IMD を取り付ける際には IMD の一般化質量を一定にするため IMD の衝突位置は変えず IMD を吊り下げる架台の位置を上下して行なった。IMD と塔の一般化質量比を変える実験においては、IMD の衝突位置は変えず IMD 重錘重量を変えて実験した。

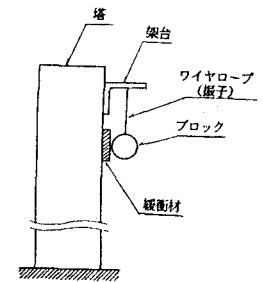


図 1 実験概要図

3. 実験結果

1) 塔と IMD 重錘の振動数比と塔の対数減衰率との関係

IMD 重錘重量を一定 (IMD と塔の一般化質量比 $\mu = 0.008$ 及び 0.016 の 2 ケース) にし塔と IMD 重錘の振動数比 (以下 N_0/N と称す) を $1.0 \sim 4.0$ まで変化させその時の制振性能を塔の対数減衰率 (以下 δ と称す) との関係で整理した。実験結果を図 2 に示す。IMD 制振効果については、今まで $N_0/N=2.0$ の場合は図 3 に示すごとく、IMD と塔は常に正面衝突し、制振効果があることは以前から確認されていた^{1) 2)} が今回はさらに $N_0/N=2.0 \times 2$ 倍 (整数倍) においても図 4 に示すごとく IMD と塔は 2 回に 1 回は正面衝突し、 $N_0/N=2.0$ よりも制振効率は、約 52% となり悪いが制振性能上有効であることが確認出来た。 $N_0/N=1.0$ の場合、塔と IMD 重錘は衝突、一

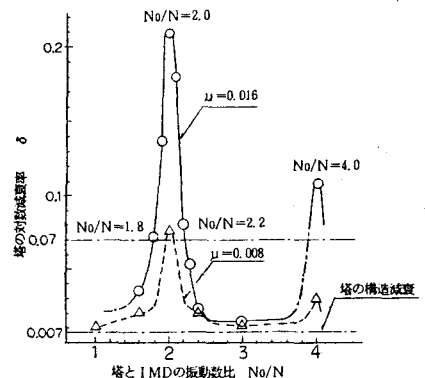


図 2 塔と IMD の振動数比と塔の対数減衰率の関係

KAZUSHI OGAWA, TOSHIO SAITOH

運動、衝突、一体運動を繰り返すことになり、制振効果は良くないことも確認出来た。さらに $No/N=2.0 \times \pm 10\%$ つまり $No/N=1.8 \sim 2.2$ の範囲においても制振効果があることがわかった。

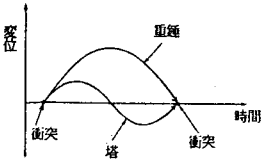


図 3 塔と重錘の挙動 ($No/N=2.0$)

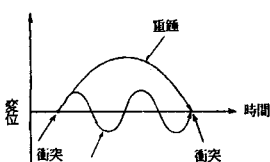


図 4 塔と重錘の挙動 ($No/N=4.0$)

2) IMD重錘と塔の一般化質量比と対数減衰率との関係

$No/N=2.0$ とし、IMD重錘と塔の一般化質量比（以下 μ と称す）を $0.005 \sim 0.016$ まで変化させ、その時の制振性能を δ との関係で整理した。実験結果を図5に示す。計測値を○印で計測結果をもとに μ と δ の関係を実線で、 $No/N=2.0$ 、IMD重錘の反発係数 $e=0.6$ として解析した μ と δ の関係を一点鎖線で示す。これによれば $\mu=0.01$ 以上あれば付加減衰は $\delta=0.09$ 以上期待出来ることがわかった。

また、反発係数の計測値は $e=0.6$ であり、実験値より求めた μ と δ の関係は解析結果とほぼ一致した。図6にIMD非作動、作動時の波形を示す。

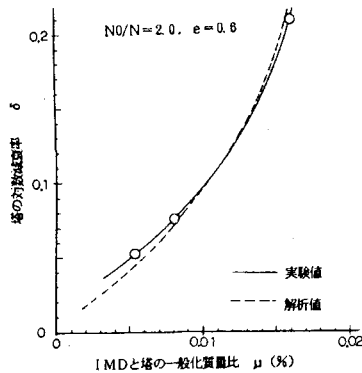


図 5 IMDと塔の一般化質量比と塔の対数減衰率の関係

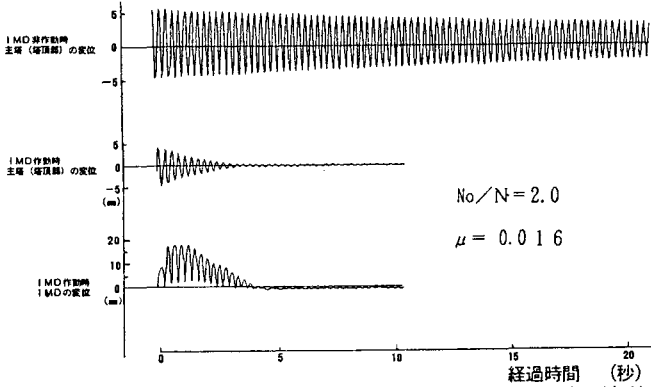


図 6 IMD非作動、作動時の波形

4. あとがき

衝撃質量ダンパ (IMD) はブロックと振子だけから構成される簡単な装置であり、他の制振装置に比べ作動性、経済性、耐久性に特に優れている。本実験より、制振性能について No/N 、 μ をパラメータとし δ との関係を以下の項目に関し確認した。

- ① 塔とIMDの振動数比が $No/N=2.0$ 以外に $2.0 \times 2 = 4.0$ においても制振効果がある。
- ② 塔とIMDの振動数比が $No/N=2.0 \times \pm 10\%$ においても制振効果がある。
- ③ IMDと塔の一般化質量比 μ が大きくなれば制振効果も大きくなり、その割合は解析的に予測出来る。

<参考文献> 1) 小川, 泰永: 衝撃質量ダンパ (IMD) の塔状構造物への適用, 土木学会第45回年次学術講演会, 第1部, ('90), pp 964~965
 2) 小川, 坂井, 林: 衝撃質量ダンパの開発と塔状構造物への適用
 川崎重工工業技報 第108号, ('91) p 84~89