

衝撃質量ダンパの制振性能に関する再評価

和歌山工業高等専門学校 正会員 小川一志
川崎重工業 正会員 尾立圭巳

1. はじめに

衝撃質量ダンパ（IMD：Impact Mass Damper）は、重錘と緩衝用ゴムとの衝突を制御することによって構造物の減衰性能を高めて振動を抑える装置であり、すでに構造物の耐風制振装置として有効性が認められている^{1),2)}。ところで、受動型の制振装置は、一般に定常的な振動に対しては効果的に抑制できるが、走行車両や地震時のような強制的で非定常な振動には、制振装置の重錘が構造物との間に安定した振動の位相を保つことが難しく、十分な制振効果を期待できないとされている。また、制振装置による付加減衰も、耐風制振の場合に比べて大きな値が必要になるとされている。ここでは、走行車両や地震時の振動への適用を視野に置いて、衝撃質量ダンパの制振性能（付加減衰）を大きくすることを目的に実施した振動実験と数値解析の結果について報告する。

2. 振動実験

振動実験に使用した供試体は高さ 2.75m の塔構造物（斜張橋塔模型）²⁾と重錘（衝撃質量ダンパ）の組合せであり、実験条件は次のとおりである。

塔模型	一般化質量	1958 g
	振動数	3.691Hz
	構造減衰（対数減衰率）	0.0075～0.0094
重錘／塔模型	質量比	2.3%, 1.8%, 1.3%
	振動数比	1.00/1.99

重錘と緩衝用ゴムの間の反発係数は0.7～0.8である。

振動実験では塔に初期変位を与えた後、開放して自由減衰させ、塔と重錘の変位を光学式変位計により計測した。

3. 実験結果と考察

重錘と塔模型の質量比を2.3%にしたときの実験結果を図2に示す。塔は振幅（変位のピーク値）が

キーワード： 制振装置，衝撃質量ダンパ，塔構造物

連絡先：〒644-0023 和歌山県御坊市名田町野島 77 和歌山工業高等専門学校環境都市工学科 TEL0738-29-8456

直線的に減衰して振幅0に交差した後、小さなビートを打っている。一方、重錘は27mmの初期振幅から約70mmの振幅まで成長した後、直線的に減衰しているが、0振幅との交差に続いて塔のビート現象に対応するようにビートを生じている。衝撃質量ダンパの重錘が塔構造物と衝突するとき、両者の動きは1)運動量の保存則と2)反発係数の関係式に従うも

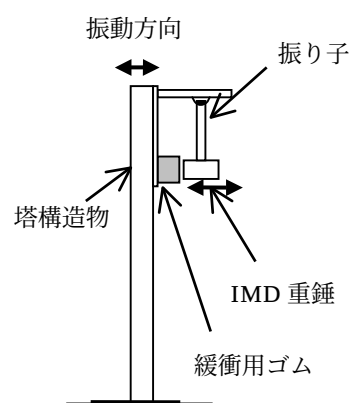


図1 衝撃質量ダンパの構成

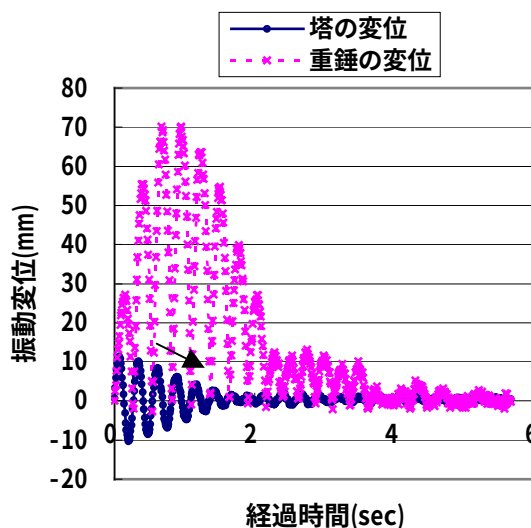


図2 塔と重錘の応答

のとし^{1),2)}、それ以外のときは自由減衰の式に沿うものとして数値解析を実施した。その結果を振幅に関して実験結果と比較したのが図3である。塔の振幅について解析値は実験値とほぼ一致し、重錘の振幅についても解析値は実験値と最大値が大略一致している。0振幅に交差した後のビート現象も、応答値は相違しているが、解析結果においても認められる。以上は重錘と塔模型の質量比 2.3%の場合について述べたが、質量比 1.8%と 1.3%の場合も同様に解析値は実験値とよく対応している。

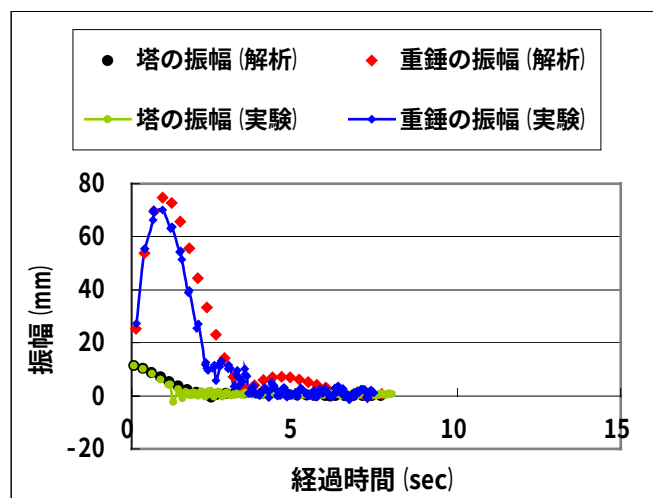


図3 塔と重錘の応答（実験と解析の比較）

衝撃質量ダンパ作動後の塔の振動波数と付加減衰（対数減衰率）の関係を図4に示す。図中の対数減衰率は数値解析結果の応答波形から算出したものである。重錘と塔模型の質量比 2.3%の場合、衝撃質量ダンパによる付加減衰は 0.80 に迫る勢いで増大している。質量比 1.8%の場合には、付加減衰は 0.60 の直前で頭打ちとなっている。いずれにしても、耐風制振装置のときの付加減衰（対数減衰率）は高々 0.1 程度であることを想起するとき、減衰性能が大幅に向上したことを認めることができる。

塔の初期振幅の大きさが衝撃質量ダンパの制振性能に与える影響を調べたのが図5である。図中の #203 は初期振幅 13mm、#208 は初期振幅 9mm の各実験の結果であり、塔の振幅を初期振幅との比で整理している。図より明らかなように、衝撃質量ダンパの減衰作用を受ける塔の振幅比は初期振幅の大きさにかかわらず同一の経路をたどる。換言すると、衝撃質量ダンパの付加減衰の大きさは塔の初期振幅

に影響されないで作動後の波数によって決定される。

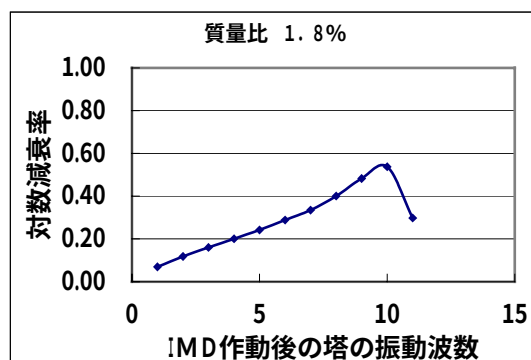
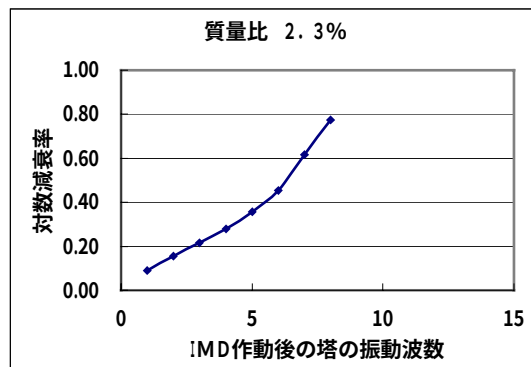


図4 衝撃質量ダンパによる付加減衰

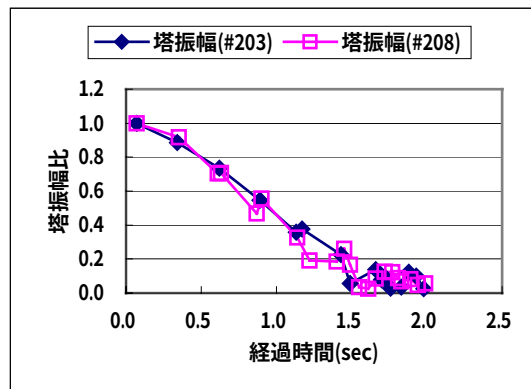


図5 初期振幅の影響

4. まとめ

重錘と構造物の質量比を従来の 1 %程度から 2 %程度に増やすことで衝撃質量ダンパの付加減衰性能が大幅に大きくなることが確認された。

参考文献

- 1) 小川, 林, 坂井: 衝撃質量ダンパ(IMD)方式による塔の耐風制振装置, 風工学シンポジウム, 1990
- 2) 小川, 井手, 斎藤: 衝撃質量ダンパ (IMD) の斜張橋主塔への適用, 構造工学論文集, 1993