

衝撃質量ダンパ（IMD）における重錘の衝撃力と反発係数に関する研究

和歌山工業高等専門学校 正会員 ○小川 一志
豊橋技術科学大学 学生員 北東 宏郎

1. はじめに

衝撃質量ダンパ（以下IMDと記す）は塔状構造物の制振装置として用いられているが（図1）、重錘の衝撃力の軽減策については課題として残されている。IMDの制振性能は重錘と構造物との間の衝突に依っており、重錘の衝撃力を緩和させることは、IMDの制振性能に直接的な影響を与えるものと考えられる。本稿ではIMDの制振性能を確保しながら、重錘の衝撃力を緩和させる方策について、緩衝材の振動特性の面から検討した結果について報告する。

2. 緩衝材の理論的検討

IMDによる付加減衰性能は、基本的に重錘と構造物の間の質量比、振動数比および反発係数 e によって決定される¹⁾。他方、衝撃力は重錘の衝突時における運動量の変化および滞留時間によって決定される。そのうち反発係数 e と滞留時間 T は、重錘と構造物との間に設置される緩衝材によって調整される。緩衝材を図2に示すようなバネとダンパの組合せでモデル化し、重錘の変位を図3のように想定するとき、緩衝材のバネ定数 k と減衰係数 c は次式のように表される。

$$k = m(\pi / T)^2 \quad (1)$$

$$c = mV^2(1 - e^2) T / (\pi A)^2 \quad (2)$$

ただし、 m は重錘質量、 V は衝突直前の重錘相対速度、 A は衝突時における重錘の緩衝材への沈下量である。バネ定数 k は滞留時間 T から、減衰係数 c は反発係数 e と滞留時間 T から各々影響を受けている。このときバネ定数と減衰係数の値を適切に組み合わせることで、最適な反発係数 e と十分長い滞留時間 T を有した緩衝材を構築することは可能と考えられる。

3. 緩衝材の実験的検討

3.1 実験の方法

コンクリート壁（塔状構造物の壁を想定）に緩衝材を設置した状態で、振り型の鉄製重錘を緩衝材に衝突させ、そのときの重錘変位から、緩衝材に対する重錘の反発係数、さらに沈下量と滞留時間を計測した。ここで、重錘の振り長は122mm、重錘質量194grとした。実験に供した緩衝材は、1. ゴムS（軟質ゴム）、2. ゴムH（硬質ゴム）、3. スポンジ、4. ポロンスポンジの4種類とし、緩衝材のサイズは幅2cm×長さ4cm×厚さ1cmとした。重錘変位はレーザ変位計（キーエンス社製 LB-01）で計測し、サンプリング周期は0.001sとした。

3.2 実験の結果

緩衝材の反発係数の計測結果を図4に示す。反発係数の値はポロンスポンジが最も高く、スポンジとゴムSが重なってつづき、ゴムHの反発係数が最も低い値となっている。ゴムHの反発係数が低いことは、減衰係数が大きいことを現している。一方、重錘が緩衝材と衝突するときの滞留時間（重錘が緩衝材にめり込んでいる時間）と沈下量（めり込む深さ）を表1に示す。スポンジとポロンスポンジのときの滞留時間は、ゴムS

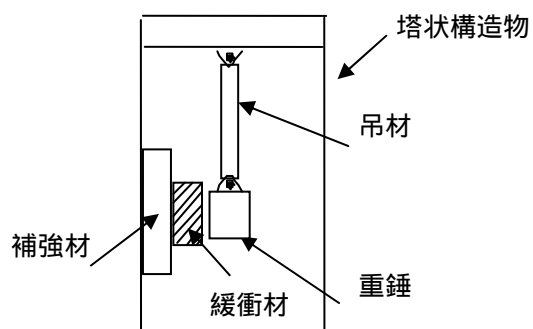


図1 IMDの機構

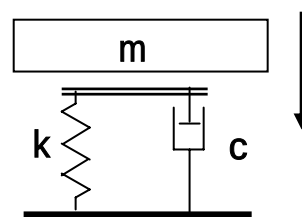


図2 緩衝材のモデル化

キーワード 衝撃質量ダンパ，IMD，衝撃力，緩衝材，反発係数

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 TEL 0738-29-8456

とゴムHのときに比べて約3～5倍となっている。
スポンジとゴムSはほぼ同じ反発係数ではあるが、
滞留時間についてみると、スポンジのときは、ゴムSのときに比べて大幅に大きくなっている。

4. 考察

緩衝材のバネ定数 k を算出した結果を図5に示す。
図中、計算法1は式(1)から、計算法2は式(3)から
各々バネ定数を算出したものである。

$$(1/2)kA^2 = (1/2)mV^2 \quad (3)$$

次に、バネ定数 k と沈下量 A から衝撃力 $F (=kA)$ を求めた結果を図6に示す。図中、簡易計算法は衝突時における重錘の運動量変化を滞留時間で除したものである。ゴムSとゴムHでは滞留時間がサンプリング周期に比べて短いために、計算法1によるバネ定数の算出精度は落ちている。しかしながら、いずれの算出法によっても、緩衝材にスポンジまたはポロンスポンジを用いることによって、ゴムSまたはHのときに比べて、衝撃力は約1/3に低減されることが認められる。

5. まとめ

IMDによる付加減衰性能は、緩衝材の反発係数 e によって決定され、滞留時間 T によっては基本的に変わらないと仮定するとき、ゴムSとスポンジの関係のように、緩衝材の反発係数 e を変えずに滞留時間 T を調整することによって、付加減衰性能を確保しながら衝撃力の緩和を実現することができる。緩衝材にスポンジを用いることで、衝撃力は約1/3に低減される。なお、滞留時間 T が変わったときの付加減衰性能がどうなるかについては講演会当日に改めて説明する。

参考文献

1)小川一志,林邦昭,坂井藤一: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, pp.91～96, 1990

表1 重錘衝突時の滞留時間

種類	緩衝材	滞留時間 T(s)	沈下量 A(cm)
1	ゴムS	0.004	0.056
2	ゴムH	0.003	0.021
3	スポンジ	0.016	0.154
4	ポロンスポンジ	0.014	0.132

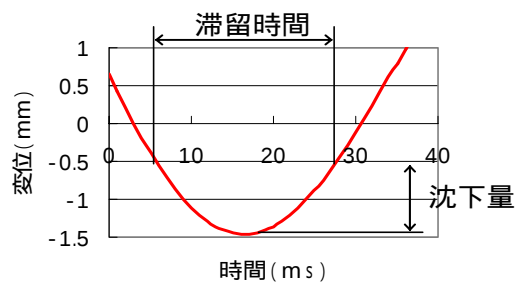


図3 緩衝材との衝突時における重錘の変位

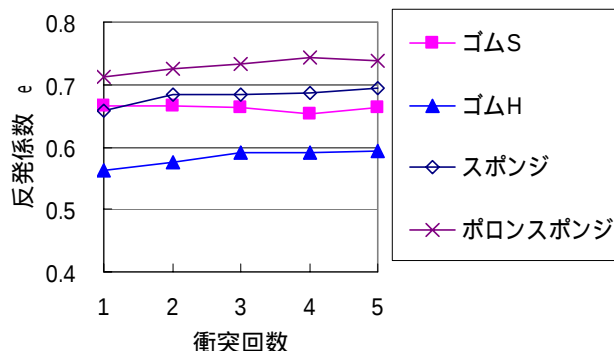


図4 各種緩衝材と重錘との反発係数

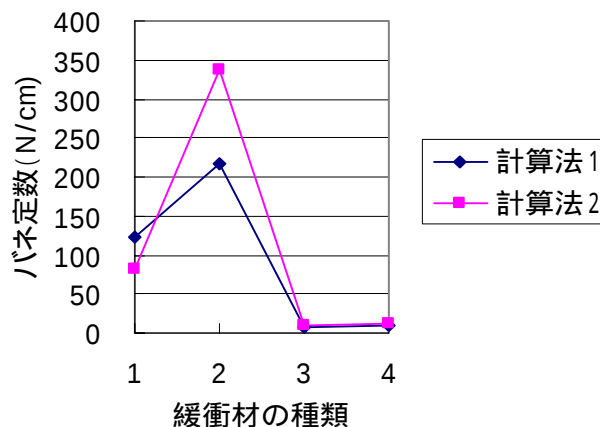


図5 各種緩衝材のバネ定数

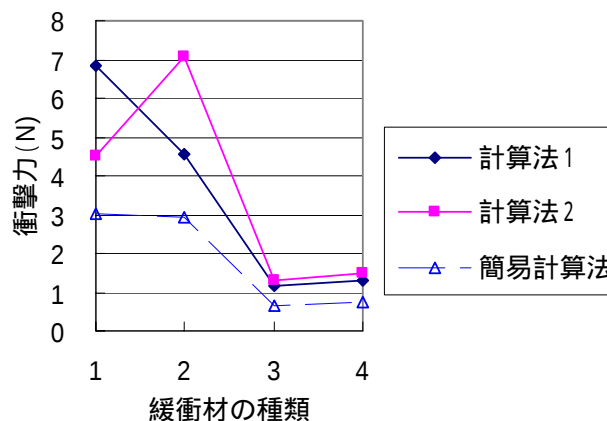


図6 各種緩衝材における衝撃力