

上下動にも対応可能な美術品保護のための小型免震装置について

金沢大学大学院自然科学研究科
金沢大学工学部

○ 井関 智久
フェロー 北浦 勝

1. はじめに

過去の大地震では、転倒・落下などによる美術工芸品や有形文化財(以下総称して美術品等とする)の被害が数多く報告されている。重要な美術品等が被害を受けた時に喪失する価値の甚大さを考慮すると、地震による美術品等の被害軽減は必要不可欠であると考ええる。

1995年の阪神淡路大震災後は美術品等を守ることの重要性が強く認識されるようになり、博物館・美術館等の建物の免震化が進むとともに、美術品等を展示・保管するケース・台座に免震装置を導入する動きが高まっている。しかし、免震装置は規模が大きく高価なものが多く、展示空間に制限がある問題、経済的な問題から実際に免震装置を導入できない場合があること、免震装置がその地域で起こり得る地震の特性に対応していない場合があることなど、早急に改善すべき点は多い。

本研究は、小型免震装置を用いて美術品等を地震から保護することを目的とし、大規模直下型地震においては鉛直方向の振動を無視できないことから、上下動にも対応可能な小型免震装置を開発・製作し、実験および解析において装置の免震効果を検証した。

2. 小型免震装置の作成と評価

美術品という特殊な条件に適する免震装置の導入においては、地震の特性を踏まえた上で、目的に合った装置であることが望ましいが、その設計は同時に非常に難しいことである。それは、被害の原因となる地震は起震活断層に関わるあらゆるパラメータの値の相違性から、さまざまな特性を持ち得るということ、また、被害は美術品等の規模や形状、保管されている構造物の振動特性、保管の方法、および振動の伝播経路に関わっていることに起因する。さらに免震装置の力学的特性、装置の規模、実用面における経済的特性なども考慮する必要がある。このことから、美術品等の保護においては免震装置の画一的な基準化が難しいため装置に設定の柔軟性を持たせることが重要である。また、建物の場合は地震動が直接の入力になるのに対し、美術品等は構造物の床の振動が入力となり間接的である。その振動の伝播過程で個々の美術品等を対象とする小型の免震装置は非常に効果があると考えられる。

本装置は、本体装置と接地点に置かれる4枚のプレートで構成される。本装置は水平方向と鉛直方向が個々に独立して運動できるような機構を持つ。装置の大きさは本体装置のみの場合、幅：29cm、奥行：29cm、高さ：11cmであり、プレートを含むと幅：47cm、奥行：47cm、高さ：12cmである。保護対象となる美術品は高さ20cmほどの大きさの壺で重さは500gであるとする。図1,2に装置の概要を示す。

水平方向に対する免震構造はボールベアを用いた滑り支承であり、免震メカニズムは『絶縁』¹⁾の概念に近い。装置の安定性を確保するために球面に切り抜いたプレートを用いて位置エネルギーを利用した復元力および摩擦を利用

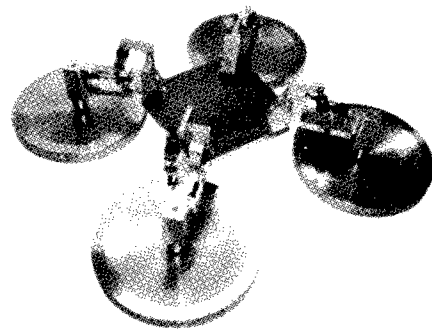


図1 免震装置の概要(写真)

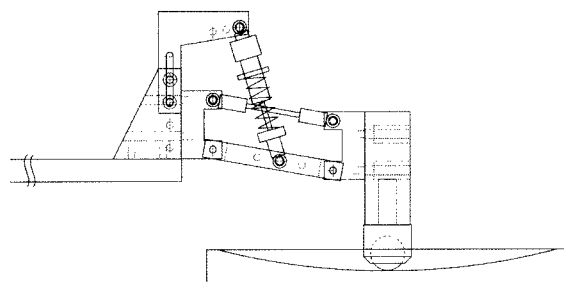


図2 免震装置の概要(側面図)

した減衰力を発生させる機構である。鉛直方向に対する免震構造は柔らかいバネを用いて復元力を、オイルダンパーを用いて減衰力を発生させる機構である。バネの硬さおよびオイルの粘性を変化させることで対象物の質量に応じて復元力および減衰力を調整できる柔軟性を確保した。この装置の支持形態の特徴として上下振動が入力されたときに主構造および足の接地面が常に水平に保たれる性質がある。

実験を行うにあたっては水平方向、鉛直方向の記録を持つ複数の模擬地震波形を入力した。水平方向の加振は本来ならば X-Y(N-S, E-W)の2方向でおこなうのが望ましいが、本装置は地震の水平入力方向によるパラメータ(バネ定数、減衰定数)の変化がないこと、応答に回転成分を持たないことから水平方向の評価は1軸方向で構わない。このことから、水平方向・鉛直方向をそれぞれ1軸で評価した。

解析をおこなうにあたっては実験と同様に水平方向・鉛直方向をそれぞれ1軸で評価した。解析の流れとしては、簡素化→シミュレーションという流れで行った。簡素化の作業とは、装置の力学的特性を考慮してなるべくシンプルな運動方程式をたてる作業をいう。シミュレーションの作業とは、簡素化の作業で得られた運動方程式と基礎実験によって得られたパラメータ(バネ定数、減衰定数)を用いて、地震波入力(実験に用いる地震波形と同じ波形)に対する応答をコンピュータプログラム(直接積分法-Nigam 法^{2),3)}を利用)によって算出する作業をいう。

この実験および解析により、装置の免震効果を確認するとともに、装置の力学的考察の信頼性を評価した。

3. 結果と考察

模擬地震波形を本装置に入力したところ、上下動・水平動に対して共に免震効果を確認した(一例を図3,4,5に示す)。また、Nigam 法によって計算された本装置の応答と実際に観測された応答に相関性が見られ、シミュレーション結果から作成した力-変位の履歴曲線と実験記録から作成した力-変位の履歴曲線にも同様に相関性が見られた。しかし、実験記録から作成する力-変位の履歴曲線とシミュレーション結果が一致しない部分が見られ、これは解析作業の簡素化過程および Nigam 法での計算過程で誤差が生じ、滑らかな履歴を持つ実験記録とに差が生じたと考えられる。

4. まとめ

これらの結果から、本研究の小型免震装置において実験および解析において装置の水平方向・鉛直方向の免震効果を確認できた。

実際に免震装置を導入する再は、建物の免震に加え、個々の美術品等を対象とする本装置の様な小型免震装置を併用すると非常に高い効果が得られると思われる。

この装置は非常に小型であるため設置空間の問題および運動特性パラメータの設定の柔軟性において既往のものより優位性がある。また、装置の部品の種類が少ないため、コスト面でも比較的導入しやすいものである。

今後の課題はプレート面の改良、減衰の再考察による超大型地震への対応である。

参考文献

- 1) 武田寿一：構造物の免震・防振・制振，技報堂出版，1988.
- 2) 大崎順彦：新・地震動のスペクトル解析入門，鹿島出版社，pp.242 - 273，1994.
- 3) 大崎順彦：建築振動理論，彰国社，pp.272 - 293，pp.402 - 443，1996.

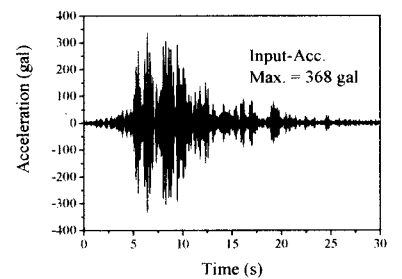


図3 入力模擬地震波形(加速度)

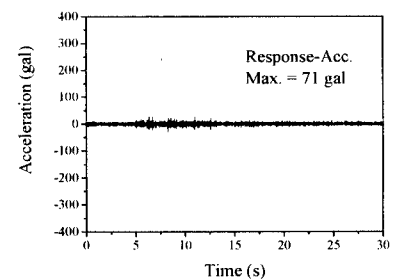


図4 加速度応答

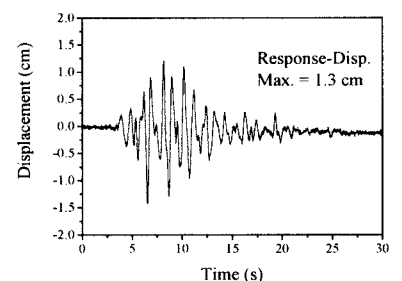


図5 変位応答