

|             |                                                            |
|-------------|------------------------------------------------------------|
| 氏 名         | はし 橋 本 純 二                                                 |
| 学位(専攻分野)    | 博 士 (工 学)                                                  |
| 学 位 記 番 号   | 博 甲 第 43 号                                                 |
| 学位授与の日付     | 平成 5 年 7 月 20 日                                            |
| 学位授与の要件     | 学位規則第 4 条第 1 項該当                                           |
| 研 究 科・専 攻   | 工芸科学研究科情報・生産科学専攻                                           |
| 学 位 論 文 題 目 | 回転慣性を付与した防振台の運動と振動解析に関する研究                                 |
| 審 査 委 員     | (主査)<br>教 授 山 本 鎮 男<br>教 授 大 住 晃    教 授 木 瀬 洋    教 授 中 西 博 |

## 論文内容の要旨

本論文は、地震動の特性によらず十分免震効果を発揮できる防振台の開発を目的にしている。すなわち、機器、装置や資産の転倒を防止するシステムとして、摩擦抵抗の小さい転がり軸受けで支持され、二次元平面上を円滑に運動し、その二次元の動きを滑車を用いて一次元の動きに変換して地震後に中立位置に復帰するようにロープの先端に弱いばねを付与し、さらにロープの中間に回転慣性を付与している構造の防振台を提案し、その有効性について、理論と実験の両面から検討を行った。本装置の大きな特徴をなす回転慣性は、台の固有周期を長周期化すると共に、防振台への入力地震動を見掛け上軽減する効果、すなわち、入力損失効果を発揮し如何なる特性の地震動に対しても免震効果を有することを明らかにした。次に上述した本防振台の効果が最も良くその特性を発揮できるように機構の最適化を行った。

本論文は、以下に述べる 5 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、本研究の背景、回転慣性を付与した防振台の概略、および従来の研究経過を述べ、免震の現状での課題を明確にすると共に、本研究の目的を明らかにしている。

第 2 章は、地震動の特性に拘わらず有効に振動絶縁を果す防振台の提案を行い、その有効性を解析的に示している。すなわち、機器、装置や資産の転倒を防止するシステムとして、摩擦抵抗の小さい転がり軸受けで支持され、ロープと滑車機構を用い、二次元平面上を円滑に運動し、地震後に中立位置に復帰するように弱いばねとさらに回転慣性を付与している構造の防振台を提案し、解析と実験の両面よりその運動特性を明らかにした。すなわち、防振台の台の重心の変位と台の復原力が台の変位が増加するにつれハードスプリング特性の非線形復原力となることを理論的に解析し、実験結果との比較によりその妥当性を明らかにしている。さらに、台の減衰特性については、強制振動実験で等価粘性減衰係数を、また静的に台が移動を始める時の力より摩擦係数を求めた。そして、非線形復原力特性、減衰特性および回転慣性の慣性力効果を導入した系の非線形運動方程式の定式化を行った。この定式化により、固有周期の長周期化および見掛け上の入力損失効果が生じることを示している。次に、この定式化を基にして実地震波入力による応答解析を行い、その結果が実験結果とよく一致することを示し、系のモデル化の妥当性を明らかにした。

第 3 章は、防振台の非線形特性とその応答の関係を明らかにしている。すなわち、ロープを介して台に作用する回転慣性による反力や、減衰力、ばねの復原力等によって生じる複素復原力は強い非線形特性を示すので加速度応答に鋭いスパイクを発生する。そこで、この強い非線形特性を解析するために調和バランス法を用い、台の非線形運動方程式の定常応答解を、基本調波成分と 3 次の高調波成分の和で表して、各成分の係数を求めて応答解析を行い、実験結果との比較により、その解析法の妥当性を確認した。

さらに、この解を用いて数種の回転慣性子の付与による防振台の固有周期の長周期化と入力地震動の見掛け上の損失効果を求め、実験との比較検討を通じてこの解析法が広い範囲で有効であることを示した。

第4章は、この防振台の特徴である回転慣性子による長周期化と入力損失の効果を最大限に発揮するように機構の最適化を行っている。すなわち、回転慣性子を付与した入力損失の効果を高めるために加速度応答に現れるスパイクの大きさを低減させてより大きな見掛け上の入力損失効果が得られるように、機構の最適化を行った。具体的には、如何なる方向に入力が作用しても台に回転動が生じないように、かつ、防振台の非線形特性に起因する高調波成分によるスパイク状の加速度応答を低減するように防振台の滑車の配置の最適値を導出した。さらに回転慣性子の大きさも防振台の非線形特性に影響するために、その大きさの最適値を加速度応答を低減するように求めた。このように、最適化を施した防振台を用いてシミュレーションを行い、実験値と比較し良い一致を見ることを確認した。

第5章は本論文の結論であり、各章で得られた結果をまとめている。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、電子装置、美術品等を地震時の転倒や損傷から保護するための防振台の研究開発に関する研究である。従来、コンピュータ等の電子装置については、それが設置される床をゴムで支持し、床自体を長周期化して地震動に含まれる卓越する周期からずらして防振をはかることが行われてきた。しかしながら、稀にはあるが長周期成分を有する地震波も観測された事例もあり、このような地震波に対し、このシステムは、逆に応答振幅が増幅する危惧があった。

そこで本研究では、軸受けで支持した防振台に滑車を配置し、その滑車間にロープを張り巡らし、二次元の台の動きを一次元に変換し、そのロープの先端にばねを設置して復原力を与える構造とした。さらに、そのロープに回転慣性子をタイミングベルトによって接触させてロープの動きに同調して回転慣性子が回転するようにした。その回転慣性子の回転による効果により台に見掛けの質量が付与され、結果的に入力損失することを狙っており、たとえ共振現象が生じてもその振幅が従来のものより30%程度軽減することを目標とした。この台について、理論的、実験的に運動解析を行い、その効果を実証した。特に、台の非線形特性については綿密な解析を行い実験値との照合によりその解析解の妥当性を確認した。さらに、この台の性能向上のために、この非線形特性を線形に近づけるために滑車の位置の最適値を求め、この最適値を用いることにより台の性能が一段と向上することを解析と実験により実証した。

このように、その研究内容は独創性に富むと共に、一連の研究成果は学術的に体系付けられている。さらに、実用性においても完成の域に達している。

本研究成果は、機器・装置等の免震技術の面で新規な提案を与えたものであると共に、免震技術の進展に、大いに貢献できるものと考えられる。

以上の所見により、本審査委員会は学位を授与できる要件をすべて満足し、授与可であるとの結論に達した。