

氏 名	ふじ 藤 波 健 剛
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 25 号
学位授与の日付	平成 4 年 6 月 30 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	振子とてこの作用を用いた動吸振器による地震エネルギーの散逸に関する研究
審 査 委 員	(主査) 教 授 山 本 鎮 男 教 授 大 住 晃 教 授 木 瀬 洋 教 授 中 西 博

論文内容の要旨

本論文は動吸振器を地震入力に対する構造物の制震に適用することを目的として、動吸振器自身の応答変位振幅を低減させるシステムを提案して、その運動と効果に対して検討を行ったものである。本システムの特徴は、てこ機構を有する振子を在来型の動吸振器に付与したことにある。このてこ機構によって振子の運動を拡大して動吸振器に仮想の付加質量を与え、動吸振器の小さな質量を見かけ上大きくすることにより、結果として動吸振器の変位の抑制を図ることができ、これが本研究の構想となっている。これにより、地震入力に対しても有効な動吸振器の実現が可能となるものと思われる。本機構の運動の解析と実用化に至る際に検討しなければならない問題を取り上げて、各章で理論的に検討が行われている。

本論文は、以下に述べる 5 章の内容から構成されている。

第 1 章は序論であり、本研究の背景及び既往の研究経過を述べ、本研究の目的及び特徴を明確にした。

第 2 章では本提案機構の原理を説明し、さらにその機構の有する特徴について運動学的に検討した。その結果、振子とてこの作用によって動吸振器の仮想質量が増加して動吸振器の質量が見かけ上大きくなること、及びてこの支点と動吸振器のばね反力の相殺により動吸振器から 1 次モードマスへの伝達力が低減することを示した。前者は動吸振器の機構として好都合のものであるが、後者は制振性能という面からは好ましくないものである。そこで、両者の影響を勘案した機構の設計が重要であることを明らかにした。

次に、本機構を構造物に設置した場合の動吸振器としての最適調整条件を、Den Hartog により提案された P, Q 点理論を適用することにより求めた。在来型の動吸振器においては、動吸振器と 1 次モードマスの間の質量比と振動数比の関係及び、質量比と減衰比の関係が最適調整条件として決定されている。一方、本機構では動吸振器以外にてこ部及びふりこ部に質量を有するために、制振対象である 1 次モードマスに対する質量比が 3 種類存在するとともに、てこ比もパラメータとなるために 4 種類のパラメータが存在する。そこでこれらの 4 種類のパラメータと、振動数比及び減衰比との関係を最適とする最適調整条件を導出した。なお、一般の動吸振器の最適調整は、制振対象である 1 次モードマスに外力が作用する場合のものであるが、本検討では地震動入力を想定しているために、1 次モードマスのばねの外側から加振される基礎加振の場合を対象として導出した。

最後に、得られた最適調整条件を満足するパラメータの組み合わせにおいて、制振性能及び動吸振器の変位振幅の低減効果との相関性について検討を加えて両者が満足する条件を示した。

第 3 章では、前節で求められた最適調整条件を満足する 4 種類のパラメータの組み合わせの中から、設計値として最適な 1 組の組み合わせを選択する過程を最適設計と称して検討した。まず非線形計画法を適

用し、動吸振器の変位振幅比を最小とするパラメータの組み合わせを逐次無制約最適化 (SUMT) 法を用いた数値解析により求めた。その際、前述した動吸振器から1次モードマスへの伝達力の低下に伴う、1次モードマスに対する制振効果の低下を極力抑えるという条件を付与するために、在来型の動吸振器に対する本機構の1次モードマスの変位振幅の比を制約条件として加えた。その結果、究極的には動吸振器のすべての質量が振子質量に集約されたバネ付振子の形態が最適であることがわかった。

さらにパラメータの組み合わせに伴う1次モードマス及び動吸振器の最大変位振幅比の変化をシミュレーションにより求めて、最適設計で求めた結果の妥当性を検証した。また、その際に1次モードマスの変位振幅比の極大値として現れる制振効果の低下現象に対して、その原因が本機構に存在する支点反力と動吸振器のばね部の反力の相殺効果として、制振力としてモードマスに作用する有効伝達力が低減することにあることを物理的に説明した。

また、てこ部の弾性変形に伴って最適調整条件がくずれることが考えられるので、てこ部の弾性変形を考慮した場合の最適調整の手法についても検討した。

第4章では、動吸振器の過渡応答特性の改善に関して述べている。動吸振器の制振効果は、動吸振器の質量が十分に大きな振幅となり、それに応じた反力がモードマスの変位を抑制するように作用して発揮されるものであるが、動吸振器の機構上の特性として1次モードマスに入力作用してもすぐには動吸振器の振動が成長せず、その制振効果が発揮されない。特に、地震動を入力として考えるときには、初期に作用する主要動に対して制振効果が発揮されなければ、その時点で構造物に損傷が生ずることも考えられて、構造物の安全性が懸念されることになる。

そこで、制御力を導入して、地震入力に対してこれを相殺するように制御力を作用させる外乱相殺型の制御を加えて、人為的に過渡応答特性を改善する手法の検討を行った。まず、通常の動吸振器に対して、正弦波を想定した地動入力を用いて外乱相殺制御を行ったところ、動吸振器部の変位及び制御力が発散することを示した。この原因として、外乱相殺制御力を求めるための伝達関数に対する周波数特性において、低周波数域のゲインが非常に大きいことが考えられる。そこで、その伝達関数にフィードバックループを付加してゲインを適切に調整することにより、発散現象を抑制する手法を示した。この手法を用いて、正弦波入力及び実地震波入力作用する場合に外乱相殺型制御を行った結果、発散現象を抑制でき、過渡応答特性を改善し得ることを示した。

次に、外乱相殺型制御を振子とてこ機構を付与した動吸振器に対して適用した場合について検討した。その結果、本機構に存在する支点反力と動吸振器のばね部の反力の相殺効果により、通常の動吸振器を用いた場合に見られた発散現象が生じないことを示した。さらに、本論文で提案した振子とてこの作用を応用した動吸振器は、在来型の動吸振器を用いた場合に比べ、動吸振器の変位及び制御力のはるかに小さくできることと合わせ、その有効性を明らかとした。

第5章は、本研究の結論であり、各章で明らかになった諸結果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は振子とてこの作用を応用した動吸振器を考案して、その運動と制御力の導入に関して数理、物理の両面から探究し、その特性を明らかにしたもので、その研究内容は独創性に富むとともに、一連の研究成果は学術的に体系付けられている。

本研究成果は、構造物の制振技術の面で新規な提案を与えたものであると共に、制振技術の発展に、大いに貢献できるものと考えられる。