

氏 名	ボク 朴	セイ 正	ケイ 圭
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)		
学 位 記 番 号	工 博 第 2115 号		
学位授与の日付	平 成 14 年 3 月 25 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 学 研 究 科 精 密 工 学 専 攻		
学位論文題目	Vibration Suppression of Ropeway Carrier by Optimally Tuned Passive Devices (動吸振器による索道搬器の制振)		
論文調査委員	(主 査) 教 授 松 久	寛	教 授 久 保 愛 三 教 授 吉 村 允 孝

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、動吸振器を用いた索道搬器の制振を研究したものであり、つぎの7章よりなっている。

第1章は緒言であり、研究の背景、目的を述べている。とくに、動吸振器理論を基にした制振装置の開発と研究の現状を論じた。

第2章では従来の質量ばね型の動吸振器を紹介し、長周期を実現するための差動滑車機構を提案した。構造物の固有周期は数秒と長いので、その動吸振器の周期も長いものが必要である。そのために、従来の一番単純な構造である直線軌道上のばね、質量からなる動吸振器では、ばねが極端にやわらかくなる。また、動吸振器を効率的に利用するには、そのストロークを長くする必要がある。そこで、簡単な機構で、長周期かつ長ストロークの動吸振器が必要とされる。さらに、周期の調整が簡単にできるものが望ましい。差動滑車機構では、大滑車に巻きついているロープは両端が固定されており、小滑車に巻きついているロープの両端にばねが付いている。両滑車は一体として回転し、ロープはスリップしない構造になっている。ばねは2本をV字形に組み合わせて、その角度を変えることによってばね定数を調整できるようにしている。これを用いると剛いばねを使っても見かけ上のばね定数は小さくなり、ばねの伸縮は短くなって、コンパクトな機構が可能となる。これを索道搬器に適用した場合に風による揺れを1/2に減少できることをシミュレーションおよび模型実験で実証した。また、4トンのボートで実験を行いその減速効果を確認した。

第3章では、二段減衰動吸振器について論じた。従来の動吸振器は振動が大きくなると動吸振器質量の動きも大きくなり、軌道の端に衝突し、制振効果が低下する欠点がある。本研究では加振力が大きくなってもある程度衝突を回避できて、更に衝突が発生しても、その衝撃力は比較的小さくなるような動吸振器を提案した。具体的な機構としては軌道中央部では衝突が生じない前提での最適減衰とし、軌道端に近くなると減衰を大きくした。本研究では多段減衰機構として磁気ダンパを用いた。質量体の台車の底に軌道と間隔をあけて永久磁石を取り付けると磁場が形成され、台車が動くときアルミニウム製の軌道に渦電流が生じ、減衰力を発生する。その減衰力は磁束密度、アルミニウムの導電率、磁極面積の関数である。質量体の底の磁石と軌道との間隔が小さくなるにつれて軌道を通る磁束密度は大きくなり減衰力は増加する。これをゴンドラなどの振り子構造物用の円軌道動吸振器に適用した。その結果、高減衰域の減衰係数が大きくなるにしたがい、軌道ストッパへの衝突が回避され、また衝突が生じても衝突力は小さく、ゴンドラの揺れは小さくなることが分かった。

第4章ではケーブルと搬器の連成系と等価な1自由度系の振り子系を求めることにより、ケーブルと搬器の連成振動を考慮した動吸振器の設計法を検討する。索道搬器は鋼索に懸垂されているという構造から動吸振器設計ではケーブルの取り扱いが問題である。ケーブルも振動し搬器の支点はケーブルとともに移動する。搬器とケーブルは連成振動し、また固有振動数は搬器の位置により変化する。そこで本研究では、搬器とケーブルの連成系と等価な1自由度の振り子系を求めることにより、ケーブルの影響を考慮した動吸振器の設計法を提案した。また搬器が複数である場合のケーブルとの連成振動を考慮した動吸振器の設計について検討し、固有振動数が変化しても効果が得られるロバスト設計および二重動吸振器の設計法を

提案した。

第5章ではジャイロモーメントによる受動型制振機構を扱い、その設計法を導いた。第4章で取り上げた搬器とケーブルの連成振動を考慮した場合でのジャイロモーメントを用いた制振機構の設計法を提案した。さらに、搬器の位置の変化による主振動系の固有振動数変動に対するロバスト性を検討した。

第6章では動吸振器の設計方法として最適レギュレータ理論を提案した。動吸振器を受動形制振器としてモデル化し減衰比を制御力として扱った。そして、評価関数を設定し設計仕様の達成度を評価関数の値の多少により数量的に表した。さらに、定常応答を考慮した定点理論と突風による過渡応答が早く減衰するような安定度最大化と不規則励振を受けたときの最小分散規範による設計方法と比べた。

第7章において、本研究で得られた成果のまとめを行っている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、ロープウェイやゴンドラなどの索道搬器の風による揺れを抑える動吸振器の開発に関する研究である。まず、差動滑車動吸振器と二段減衰動吸振器を提案し、それを搬器に適用し、理論および実験より検討している。また、複数搬器とケーブルの連成振動を解析し動吸振器の設計法を提案している。得られた成果の主たるものは以下のとおりである。

1. 長周期を実現する質量ばね型の動吸振器として、差動滑車機構を提案した。大滑車に巻きついているロープは両端が固定されており、小滑車に巻きついているロープの両端にばねが付いている。これを用いると剛いばねを使っても見かけ上のばね定数は小さくなり、ばねの伸縮は短くなって、コンパクトな機構が可能となる。これを索道搬器に適用した場合に風による揺れを1/2に減少できることをシミュレーションおよび模型実験で実証した。
2. 振動が大きくなると、動吸振器質量の動きも大きくなり、軌道の端に衝突し、衝撃が発生し、制振効果が低下する。そこで、加振力が大きくなってもある程度衝突を回避できて、更に衝突が発生しても、その衝撃力は比較的小さくなるような二段減衰動吸振器を提案した。具体的には軌道中央部では衝突が生じない前提での最適な減衰とし、軌道端に近くなると減衰を大きくした。これをゴンドラなどの振り子構造物用の円軌道動吸振器に適用した。その結果、高減衰域の減衰係数が大きくなるにしたがい、軌道端ストッパへの衝突が回避され、また衝突が生じても衝突力は小さく、ゴンドラの揺れは小さくなることをシミュレーションおよび模型実験で確認した。
3. 搬器とケーブルは連成振動し、また固有振動数は搬器の位置により変化する。そこで本研究では、搬器とケーブルの連成系と等価な1自由度の振り子系を求めることにより、ケーブルの影響を考慮した動吸振器の設計法を提案した。また搬器が複数である場合のケーブルとの連成振動を考慮した動吸振器の設計について検討し、固有振動数が変化しても効果が得られるロバスト設計および二重動吸振器の設計法を提案した。

以上、本論文は、動吸振器を用いた索道搬器の制振を研究したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成14年1月28日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。