

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2010

課題番号：19360107

研究課題名（和文） 負の剛性を利用したアクティブサスペンション

研究課題名（英文） Active Suspension Using Negative Stiffness

研究代表者

水野 毅（MIZUNO TAKESHI）

埼玉大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：20134645

研究代表者の専門分野：制御工学・メカトロニクス

科研費の分科・細目：機械力学・制御

キーワード：サスペンション，アクティブサスペンション，除振装置，負の剛性

1. 研究計画の概要

(1)目的

従来のアクティブサスペンションとは全く異なるアプローチによって、防振機能とセルフポジショニング機能とを両立する。その原理は、負のばね剛性を持つ支持機構と正のばね剛性を持つ支持機構とを中間質量を介して直列に接続し、それぞれの剛性は低くすることによって防振機能を確保し、両者の大きさ（絶対値）を一致させることによってセルフポジショニング機能を実現するというものである。

(2)内容

①水平方向の1自由度の並進運動を対象とした基礎実験装置を試作し、提案する方式のサスペンションの基本的な特性及び性能を実験的に評価する。

②提案する方式のサスペンションが建設機械用のシートサスペンションに適用できることを実証するため、水平方向全方位を対象とするプロトモデルを試作し、性能を評価する。

③人を搭載できる実大モデルの試作を行い、実際に人間を搭載した状態での防振性能、セルフポジショニング機能や制振性能を実験的に調べる。

④制御系の改良を施しながら、構造的パラメータと制御系の両面について最適化された水平シートサスペンションを実現し、その実用性について評価する。

2. 研究の進捗状況

(1)2007年度

①水平方向の1自由度の並進運動を対象とした水平サスペンション基礎実験装置を設計・製作した。

②中間台から除振テーブルを支持するリニアモータを利用して、所定の大きさの負の剛性を持つ支持機構を実現した。所定の大きさの負の剛性を実現すると同時に、過渡状態においても十分な制振性能を持つように、極配置法を用いて制御系の設計を行った。

③様々なパラメータを変化させながら、地動外乱に対する防振特性、セルフポジショニング機能及び直動外乱に対する制振性能を評価した。

(2)2008年度

①提案する方式のサスペンションが建設機械用のシートサスペンションに適用できることを実証するため、水平方向全方位を対象とするプロトモデルを試作した。

②ベースに取り付けたアクチュエータによって正の剛性を持つ支持機構、中間質量に取り付けたアクチュエータによって負の剛性を持つ支持機構を実現した。

③負の剛性を実現する制御系を設計する際に指定する閉ループ極や正の剛性の大きさなどのパラメータをいろいろと変化させながら、②で設計した制御系を実現し、地動外乱に対する防振特性、セルフポジショニング機能などを評価した。

(3)2009年度

①水平全方位シートサスペンション装置の制御系の改良を行った。

②セルフポジショニング機能を実現するのに、変位相殺制御を適用し、①で実現した制御系との性能の比較を行った。

③建設機械では、乗用車などと比較してより激しい加振に対する制振性能も求められるので、シートに加速度センサを取り付けて、その信号に基づいたフィードバック制御も併用

して、中周波数域での制振性能をより向上させことを試みた。

④人を搭載する実大モデルを実現しようとする、これまでで使用していたリニアモータでは発生力が不足するので、アクチュエータとして空気圧アクチュエータを用いた装置の設計・製作を行った。

3. 現在までの達成度

【自己点検による評価】

②おおむね順調に進展している。

【理由】

2007年度、2008年度については、計画通り研究が行われた。2009年度には、当初は実大モデルを試作する予定であったが、ローレンツ力を利用したアクチュエータでは発生力が不足するとの知見を得て、代わりに空気圧アクチュエータを利用した装置装置の設計・製作を行った。そして空気圧アクチュエータの有効断面積を大きくしていけば当初計画していた防振性能を達成できるとの知見を得ている。

4. 今後の研究の推進方策

平成 21 年度に製作した空気圧アクチュエータを使用した実験装置を用いて、防振性能、セルフポジショニング機能や制振性能を実験的に調べていく。さらに、これまでの研究成果に基づいて、当初の計画どおり、実用性の評価及び研究成果のまとめと普及を行っていく。

5. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕(計3件)

- Hoque, Md., E., Mizuno, T., Ishino, Y., and Takasaki, M., A six-axis hybrid vibration isolation system using active zero-power control supported by passive weight support mechanism, Journal of Sound and Vibration, Vol.329, Issue 17, pp.3417-3430 (2010) (reviewed) .
- Mizuno, T., Furushima, T., Ishino, Y., and Takasaki, M., Realization of a Zero-compliance System by Using Displacement Cancellation Control, Journal of Vibration and Control, Vol.16, No.4, pp.585-599 (2010) (reviewed) .
- 水野 毅：負の剛性を利用した除振装置，機械の研究，第 61 巻，第 1 号，pp.202-209 (2009) (査読無)。

〔学会発表〕(計9件)

- Hoque, Md., E., Mizuno, T., Ishino, Y., and Takasaki, M., A 3-DOF Modular Vibration Isolation System Using Zero-Power Magnetic Suspension with Adjustable Negative Stiffness, Proc. of the 11th IEEE International Workshop on Advanced Motion Control (AMC2010),

Nagaoka, Japan, pp.661-666. (2010.03.22).

- Hoque, Md., E., Mizuno, T., Noda S., Ishino, Y., and Takasaki, M., Development of a Module-Type Vibration Isolation System Using Zero-Power Control, Proc. of the First Japan-Korea Joint Symposium on Dynamics and Control, Sapporo, Japan, pp.157-160 (2009.08.05).
- Hoque, Md., E., Mizuno, T., Ishino, Y. and Takasaki, M., An Application of Nonlinear Compensation to Six-Axis Vibration Isolation System Using Zero-Power Control, Proc. of the 16th International Congress on Sound and Vibration (2009 ICSV16), CD-Paper-671 (2009.07.06).
- Mizuno, T., Kawachi, Y., Ishino, Y., Takasaki, M., Vibration Isolation Unit Using Zero-Power Magnetic Suspension with a Weight Support Mechanism, Proc. 9th International Conference on Motion and Vibration Control, Munich, Germany, AV4-1298 (2008.09.16).
- Mizuno, T., Furushima, T., Ishino, Y. and Takasaki, M., Application of Displacement Cancellation Control to Vibration Isolation System, Proc. International Conference on Control, Automation and Systems 2007, Soul, Korea, TA14 -4, pp.335-338 (2007.10.18).