

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 庄 志 忠

本論文は、「円形断面レールを用いた吸引式磁気浮上系の振動制御に関する研究」と題し、8章よりなっている。

吸引式磁気浮上装置を輸送システムや搬送システムに適用する場合、浮上体の荷重を支える浮上制御以外に、直線軌道や曲線軌道に追従走行させるための誘導・案内制御、車両の振動を軽減する防振措置、遠心力に応じて傾斜角度を調整する姿勢制御を必要とする。従来多く提案されている磁気浮上装置では、これらが総合的に考慮されることは少なかった。

本論文はそれに対し、浮上と案内機能の兼用、エネルギー消費の低減、自動的な傾斜調整機能、振動制御を同時に達成できることを目標とし、レールの断面形状を円形状にする方法を提案し、それに伴う振動制御手法の検討を進め、最終的に浮上体に付加した回転体の回転運動を制御する新たなスカイフックダンパ方式を提案したものである。さらに、低周波領域での軌道への追従性と高周波数領域での防振性能、エネルギー消費を考慮した新しい防振制御手法を提案し、その有用性を示している。

第1章は、「序論」と題し、研究の背景及び本研究の目的を述べている。

第2章は、「自動姿勢調整機能を持つ吸引式磁気浮上系」と題し、浮上と案内機能の兼用が可能で、かつ自動的な傾斜調整機能の両立できる円形断面レールを用いた新たな方法を提案している。磁気浮上系には、荷重を支えるためのエネルギー消費を考慮し、電磁石と永久磁石を併用した複合磁石を採用している。新しい磁気浮上システムを構成するため、円形断面レールにおいて座標系を定めて運動方程式を導出し、システムの運動方程式と電磁気力を含んだ線形化モデルを求めている。得られた状態方程式から、荷重変動や外乱に対して、自動的にギャップを調整し複合磁石の定常電流を零に収束する安定化制御手法を導入している。これにより、浮上と案内機能の兼用、エネルギー消費の低減、自動的な傾斜調整機能を同時に達成する新しい吸引式磁気浮上システム構築し、実験とシミュレーションによりシステムの実現性を実証している。

第3章は、「振り子による減揺制御装置(1)」と題し、提案した自動傾斜調整機構により生じる動揺振動問題を解決するために、浮上車両に振り子を設置し、振り子の動作を制御することにより、左右方向の動揺振動を制御するメカニズムと制御手法を提案している。磁気浮上系では摩擦抵抗が作用しないため、提案する円形断面レールでは左右方向の振動が持続することになる。振り子装置の摩擦力の干渉による動揺振動制御効果の低下を解決するために、摩擦力を補償する非線形補償方法を導入している。考案した動揺振動制御方法の効果調べるために、模型実験を行い、数値シミュレーション結果とともに、システ

ムの特性を検討している。

第4章は、「振り子による減揺制御装置(2)」と題し、第3章で述べた左右方向の動揺振動を制御するための振り子装置を簡略化するために、振り子の構造を変更した方式を提案している。さらに、簡略化した振り子装置の摩擦力による動揺振動制御効果の低下を解消するために、摩擦力を補償する補償方法を考案している。最後に、実験とシミュレーション結果から、減揺装置を含む浮上システムの特性を検討している。

第5章は、「回転式スカイフックダンパーによる減揺制御装置」と題し、浮上体に付加した回転体の回転運動を制御する新たなスカイフックダンパ方式を提案している。振り子装置による左右方向の動揺振動制御では、その効果がシステムの構造により制限されることを解明し、新たな動揺振動制御装置として回転式スカイフックダンパーを考案している。提案する方式についても、曲線走行試験や、外乱応答試験などの実験とシミュレーションを行い、その有用性を示している。

第6章は、「スカイフックスプリングによる吸引式磁気浮上系の振動制御」と題し、車両が走行するとき、磁気浮上系の防振機能、軌道への追従性、エネルギー消費の低減を同時に達成するために、スカイフックスプリングの概念を導入した新たな浮上制御方法を提案している。提案した新たな浮上制御方法の有効性を検討するために、加振機を用いた実験とシミュレーションを行っている。これにより、磁気浮上系の防振機能、軌道への追従性、エネルギー消費の低減を同時にできる浮上方法を検証している。

第7章は、「考察」と題し、提案した新しい自動傾斜調整機能を持つ吸引式磁気浮上系、回転式減揺制御装置、スカイフックスプリングによる振動制御方法について、その性能と特徴を考察している。さらに、具体的な適用についても検討し、設計手法とその際に考慮すべき注意点を検討している。

第8章は、「結論」と題し、本研究によって得られた成果をまとめている。

以上より、本論文は、浮上と案内機能の兼用、エネルギー消費の低減、自動的な傾斜調整機能、振動制御を同時に達成できることを目標とし、新たに円形断面レールを採用した永久磁石と電磁石を組み合わせた吸引式浮上系を考案したものである。さらに、それに伴う浮上系の動揺持続問題を解決する新たな減揺装置を検討し、付加した回転体の回転を制御するスカイフックダンパを提案している。また、軌道への追従と防振を両立させるスカイフックスプリングによる防振制御手法も提案している。これらは、数値シミュレーションと実験により検証している。提案するシステムの特徴をまとめ、実験装置以外の搬送システムや交通システムへの適用手法を求めており、産業機械工学に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。