

審査の結果の要旨

氏名 杜 剣

本論文は「Study on Eddy Current Problem in High Speed Operation of HSST-type Maglev System (HSST 形磁気浮上鉄道の高速度運転における渦電流問題に関する研究)」と題し、100km/h までの比較的低速での営業運転が開始された電磁吸引制御方式磁気浮上、リニア誘導モータ駆動の HSST 形磁気浮上鉄道を対象に、その適用可能領域の拡大に繋がる 200km/h 程度までへの速度向上において問題となる鉄レール中での渦電流現象に着目し、数値解析手法を用いて渦電流による磁気浮上系の磁気吸引力低下への影響を明示し、さらにその過程で 200km/h 程度の高速で移動する電磁石と鉄レール間の 3 次元非線形渦電流現象を明らかにしたものであり、6 章から構成される。

第 1 章は「Introduction」であり、各種磁気浮上鉄道システムの特徴と開発現状、それらの中での電磁吸引制御方式磁気浮上、リニア誘導モータ駆動の HSST 形磁気浮上鉄道の特徴と構成、構造を整理し、さらに本研究の目的と論文構成について述べている。

第 2 章は「Eddy Current Calculation of One-Magnet Model」と題し、浮上用マグネット単体が高速移動している条件で数値解析を行った結果に基づいて、本研究対象の渦電流現象の基本的特性を論じている。まず、速度誘起の渦電流現象を解析するための基礎方程式と三次元解析の必要性について整理し、続いて渦電流が誘導される鉄レールの数値解析用パラメータを決定するために、実システムで使用されている鉄レールの小サンプルを用いて実施した電気抵抗と磁気特性測定の結果を報告している。そして、汎用の数値解析ソフトウェアを用いてマグネット単体モデルでの渦電流現象を鉄レール中の渦電流分布、特に前後端部での渦電流分布とギャップ磁束密度の速度依存性を明らかにし、216km/h の高速移動では静止時の 6 割程度に浮上力が低下することを示した。

第 3 章は「Consideration of Skin Effect」と題して、表皮効果に関わる基礎方程式を整理した上で、一次元モデルによって非線形磁気特性と高調波磁界成分が表皮厚に与える影響を定量的に評価している。そして第 2 章で記述した浮上用マグネット単体モデルでの渦電流現象を対象に、渦電流回路の形状、表皮深さ、ギャップ磁束密度の高調波成分の影響、それらの鉄レール位置での相違などを示し、横方向磁束形の磁気浮上マグネットの渦電流現象における特徴を明らかにした。

第 4 章は「Eddy Current Calculation of Multi-Magnet Models」であり、2 両編成の磁気浮上列車の全長に渡っての磁気浮上力分布を得るために、周期境界条件を適用した 1 モジュールモデル、7 マグネットモデル、周期境界条件を適用した 10 マグネットモデルという、3 種類の解析モデルを導入し、数値解析を実施した結果を報告している。

第 5 章は「Levitation and Drag Force of HSST System」であり、2 両編成の磁気浮上列車の全長に渡っての磁気浮上力分布と磁気効力分布を示し、最先頭部の磁気浮上力が静止時の 6 割程度に低下し、何らかの最先頭部では浮上力低下に対する対策が必要であることを指摘している。そして具体的な対策として 3 つの方法を提案している。

第 6 章は「Conclusions」であり、本研究の成果を総括している。

以上これを要するに、本論文は、電磁吸引制御方式磁気浮上に基づく HSST 形磁気浮上鉄道を対象に、走行速度を 200km/h 程度まで向上する上で問題となる鉄レール中での 3 次元非線形渦電流現象と、渦電流による磁気浮上系の磁気吸引力低下への影響を数値解析により明らかにしたものであり、電気工学に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。