

報告番号 * 甲第 1207 号

主論文の要旨

題名 超伝導誘導反発形磁気浮上方式の
安定性に関する理論的研究

氏名 大 熊 繁

主論文の要旨

報告番号

※甲第1207号

氏名

大熊 繁

将来の高速大量交通機関の一つとして時速500kmで走行する超高速列車の開発が世界各国で進められている。超高速列車の支持案内には磁気浮上方式がよいといわれ、そのなかで超伝導誘導反発形磁気浮上方式は、大都市を結ぶ長距離列車の支持案内に有望とされている。超伝導誘導反発形磁気浮上方式は1967年に基本形が提唱されて以来、各国で研究が進められ、これまで日本をはじめ西ドイツ、アメリカ、イギリスにおいて実験車の浮上走行に成功した。

日本では運輸省がこの浮上方式による超高速鉄道をナショナルプロジェクトとして採用し、1979年には国が100億円の補助金を出し、長さ40kmの実験線の建設準備に入る方針を決定した。運輸省では、この超高速鉄道は現在の新幹線に代わる「ネオ新幹線」として都市間大量交通手段になし得るという将来ビジョンをもっている。

この方式は解決すべき多くの問題をもっているが、最も大きなものは浮上車両の安定性の問

主論文の要旨

報告番号 ※甲第1207号 氏名 大熊 繁

題であり、系の磁気ダンピング効果の悪いことが致命的な欠点であるといわれてきた。

本論文は超伝導誘導反発形磁気浮上方式の安定性の問題をとらあげ、安定性を決定する磁気ダンピングの解析と物理的解釈、ならびに支持方向と案内方向に対する効果的なダンピング付加法の問題を論じたものである。

本論文において、最初に磁気浮上方式の紹介を行ない、次に本研究の必要性を明らかにするため、超伝導誘導反発形磁気浮上方式の実現にとって浮上車両の安定性が重要な問題であることを指摘し、これまでの安定性に関する研究結果とその問題点を論じた。その結果、以下の結論を得た。

(1) 安定性を決定する磁気ダンピングについて、中高速走行時に正のダンピングが働くという説と負のダンピングが働くという説の2説があり、明確ではない。

(2) いずれにしても中高速領域ではダンピングが小さく、能動あるいは受動ダンピング等の

主論文の要旨

報告番号

※甲第1207号

氏名

大熊 繁

補助的なダンピング装置を必要とする。

(3) 車上コイル電流を制御する能動ダンピングは交流損失の増加などから無理である。

(4) 制御コイルを用いる能動ダンピングは大電流を制御することを必要とし実用的でない。

(5) 受動ダンピングはギャップ長を狭くするのみならず、効果を疑問視する説もある。

(6) したがって効果的なダンピング付加法の開発が望まれている。

磁気ダンピングについての不明確さを解決するため、本論文では、まず少数個の車上コイルが通過するときの地上コイルにおける過渡現象という新しい見地から磁気ダンピングの解析を行なった。その結果、以下の結論を得た。

(1) 車上コイルが1個の場合は、すべての速度においてダンピングは正である。しかし複数個の場合は、中高速領域でダンピングは負になる。

(2) 磁気ダンピングが負になることの物理的理由は次のようである。車上コイルが上下方向

主論文の要旨

報告番号

※甲第1207号

氏名

大熊 繁

に速度をもつことにより、地上コイルに誘起される電流成分は一般に第1番目の車上コイルが注目している地上コイル上を通過し去った後に最大値に達する。たとえば時速500 kmのとき、この最大値は上記地上コイル上を第2番目の車上コイルが通過するときに生じる。第1番目の車上コイルに対しては正、第2番目の車上コイルに対しては負のダンピングが働くが、力の絶対値は後者の方が大である。第3番目と第4番目、…についても同様である。それゆえ合計したダンピングは負になる。

(3) 磁気ダンピングに関する列車端部効果は、第1番目の車上コイルには正のダンピングが働き、第2番目の車上コイルにはそれより絶対値の大きな負のダンピングが働く効果として現われる。この端部効果は高速領域では比較的長く残る。

このようにして磁気ダンピングについて得られた結果を用いて、能動ダンピングや受動ダンピングに代わる新しいダンピング付加法の考案

主論文の要旨

報告番号

※甲第1207号

氏名

大熊 繁

を試みた。その結果、同一極性に励磁した支持用車上コイルをもつ超伝導誘導反発形磁気浮上方式の着想を得た。これを定常周期解法を用いて解析し、以下の結論を得た。

同極性支持用車上コイルをもつ超伝導誘導反発形磁気浮上方式は次の特徴をもつ。

(1) 支持力、抗力、揚抗比は車上コイルの起磁力が半分である従来の交番極性車上コイルの場合と変わらない。

(2) ダンピング係数はつねに正であり、交番極性車上コイルの場合と異なり安定な系である。

(3) ダンピング係数の大きさはダンピング時定数を1秒とするために必要な値より大きくでき、十分なダンピングが得られる可能性がある。

(4) 同じ支持力を得るには車上コイルの起磁力を交番極性車上コイルの場合の2倍にする必要がある。

(5) 磁気しゃへい、端部効果の問題がある。

以上は支持方向についての議論であるが、完全浮上のためには案内方向の安定性も重要な問

主論文の要旨

報告番号

※甲第1207号

氏名

大熊 繁

題である。そこで有望な案内方法である null flux法を用いた推進案内併用方式について案内方向の安定性を検討した。国鉄が建設中の宮崎実験線の列車案内にもこの方式が用いられている。定常周期解法を用いて解析し、中高速領域においてやはりダンピングが負になることを明らかにした。ダンピング付加法として同極性車上コイルを用いる方法を二通り提案し、定常周期解法を用いて解析し、以下の結論を得た。

(1) 従来の交番極性車上界磁形推進案内併用方式は案内方向に対して復元力は過大なほど得られる。しかしダンピング力についてはダンピング係数が中高速域で負となり、車両振動を助長する向きに力が働く。

(2) 同極性車上界磁形推進案内併用方式は、時速500 kmでダンピング時定数が約0.9秒となり、安定な案内特性が得られる。しかしながら従来のものと同ー推力を得るには車上コイルの起磁力を2倍にする必要がある。

(3) 同極性車上コイルを支持用車上コイルに

主論文の要旨

報告番号

※甲第1207号

氏名

大熊 繁

用い、案内方向の運動によるダンピングカを利用する方法は、時速500 kmでダンピング時定数が約1秒となり、安定な案内特性が得られる。この方法は支持方向についても適当なダンピングを与える。

(4) したがって、推進案内併用方式の案内方向の安定性の改善には、同極性支持用車上コイルを用いる方法が優れているといえる。

以上、本研究で得られた主な研究成果を述べた。

超伝導誘導反発形磁気浮上方式を用いた超高速列車は、現在実験線の浮上走行に成功した段階であり、1980年代の実用化を目指して世界各国で研究開発の努力が続けられている。浮上車両の安定性の問題もさらに研究が進められる必要がある。今後の問題には、同極性車上コイルを用いる場合の端部効果、設定されたダンピングを得るための同極性車上コイルの設計公式、磁気シールド、進行方向・支持方向・案内方向ローリング・ピッチング・ヨーイング等すべて

主論文の要旨

| | | | |
|---|----------|----|------|
| 報告番号 | ※甲第1207号 | 氏名 | 大熊 繁 |
| <p>の運動の自由度とカップリングを考慮したときの安定性, 非線形性を考慮した大振幅振動に関する安定性, 編成列車の安定性, シート軌道の場合の安定性, 等の問題がある。</p> | | | |