

S4-2. 電磁加振装置を用いた浮上式鉄道用推進コイルの耐久性検証方法の検討

[電] ○田中 実、[電] 饗庭雅之、[電] 村井敏昭、[電] 鈴木正夫 (鉄道総合技術研究所)

吉川恵三

(東海旅客鉄道株式会社)

A Study on the Durability Test of a Propulsion Coil Using an Electromagnetic Vibrating Apparatus

Minoru Tanaka, Aiba Masayuki, Murai Toshiaki, Suzuki Masao, Member (Railway Technical Research Institute)
Keizo Yoshikawa, (Central Japan Railway Co.)

In Superconducting Maglev, it is important to verify propulsion coil's durability. We have carried out durability tests at Yamanashi test line, and obtained useful test results. But it is impossible to confirm it within the restricted test period. So we examined an apparatus that generates electromagnetic force on the ground coil conductor by using the magnetic field of superconducting magnets. We also carried out an electromagnetic vibration test of a propulsion coil to confirm whether we can use this method. This paper describes the concept of the apparatus and test results.

キーワード：推進コイル、超電導磁石、電磁力、電磁加振

Keywords: Propulsion coil, Superconducting magnets, Electromagnetic force, Electromagnetic vibration

1. はじめに

超電導磁気浮上式鉄道の推進方式は、超電導磁石を界磁とする地上 1 次リニア同期モータで、電機子コイルとして巻線を樹脂で含浸した推進コイルを軌道側に連続して配置している。この推進コイルの最も重要な機能は推力特性であるが、山梨実験線の走行試験で速度 581km/h の世界記録を樹立し、営業線で予定している速度 500km/h 運転に対して十分な余裕があることが確認できている。

一方、営業線を想定すると、一度軌道に配置した推進コイルは長期に渡って交換しないことが前提となるため、耐久性の検証も重要な課題となる。この検証のため、山梨実験線で連続走行試験を行っているが、限られた走行期間の試験だけでは十分ではないため、これを補完するために定置試験も併せて行う必要がある。

ここでは、定置試験用として励磁した超電導磁石に推進コイルを対向させて通電し、巻線に電磁力を発生させる電磁加振装置を開発し、120° 単層隔極推進配置用推進コイル (単層推進コイル) を対象にして耐久性の検証方法を検討したので報告する。

2. 耐久性試験方法

2. 1 電磁加振装置

電磁加振装置は、コイル固定架台(送風機能付き)、超電導

磁石、電源装置、単層推進コイル等から構成される。(図 1 参照) この装置の特徴は、走行時と同じ超電導磁石磁場を利用して、推進コイルに直流と交流を重畳した最大 2000A の電流を通電することにより、従来の機械加振とは異なり、導体を直接的に走行時と等価な分布荷重で加振できることである。また、推進コイルと超電導磁石の間に遮蔽板を設けることで、超電導磁石に対する推進コイルの交流磁界を遮蔽し、磁石の振動を抑制しながら推進コイルが加振でき、これにより、加速劣化のために推進コイルに通常より大きな電流を通電した場合でも、超電導磁石の発熱を抑えることが見込める。

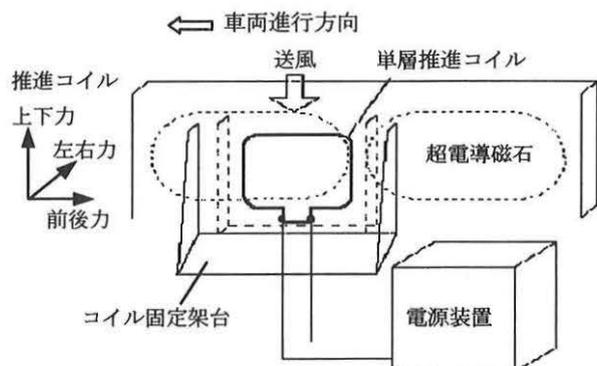


図 1 電磁加振装置 概略図

2. 2 実走行と等価な試験方法

実走行では、地上に設置された単層推進コイルに、台車に搭載された 4 極の超電導磁石の磁極位置に合わせた位相で、速度に比例した周波数の電流を通电することにより、台車に推力が発生し、推進コイルには反作用として図 2 に示すような片振りの前後力と両振りの左右力が働く。また、電流の位相を 40° 進めた場合は図 3 に示すように大きな左右力が発生する。

ここでは、推進コイルの強度上問題となることが考えられる位相 40° 進みの左右力を模擬する電磁加振方法について検討する。定置試験では、実走行とは異なり、超電導磁石と推進コイル位置がそれぞれ固定となる。走行時に左右力が最大となる位置に超電導磁石と推進コイルを配置し、超電導磁石磁場、推進コイル電流を走行時と同じにすれば、コイルに働く左右力の最大値を走行時と等価にでき、推進コイルの電流を直流と交流の重畳として、交流の周波数を実走行の速度に比例した値にすることで、図 4 に示すように位相 40° 進みの左右力を模擬した電磁加振が可能となる。

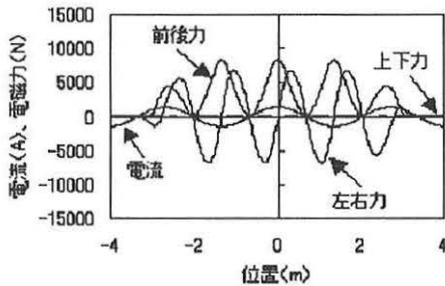


図 2 電磁力分布 (走行時 位相 0°)

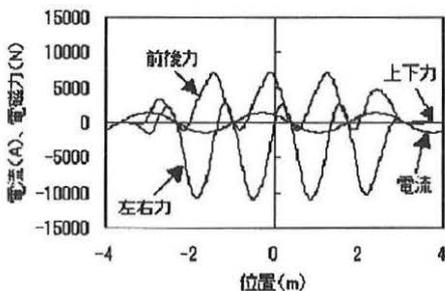


図 3 電磁力分布 (走行時 位相 40° 進み)

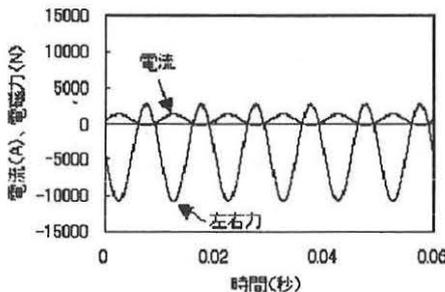


図 4 電磁力 (定置試験 位相 40° 進み模擬)

3. 試験結果

3. 1 加振装置の機能確認

超電導磁石と推進コイルの間に遮蔽板を設置した時の超電導磁石の振動加速度は最大でも $1\text{m/s}^2_{0.P}$ 程度で、連続加振をしても問題のないレベルであった。また、遮蔽板の有無で、推進コイルの前後力、上下力、左右力の平均値、応力は変化しないことを確認し、遮蔽板に流れる渦電流による電磁力は非常に小さいことを確認した。超電導磁石と推進コイルのコイル中心間距離を山梨実験線と同じ距離 (通常) にした時と、60mm 短縮とした時の推進コイルの前後力、左右力、上下力の実測値は、計算値と良い一致を示した。(図 5 参照)

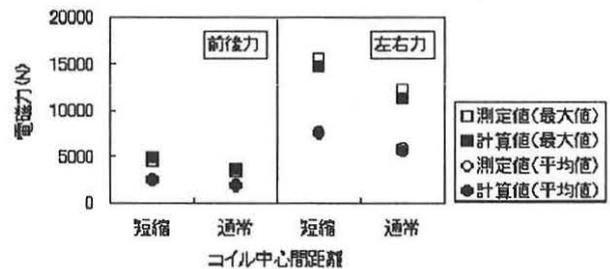


図 5 電磁力 (定置試験 位相 40° 進み模擬)

3. 2 耐久性試験 (連続加振試験)

単層推進コイルを対象として、位相 40° 進みの左右力を模擬し、超電導磁石と推進コイルのコイル中心間距離を山梨実験線に対して 60mm 短縮とし、推進コイル電流を最大加速条件として、山梨実験線走行試験の 5 年相当の連続加振試験を実施し、試験装置、推進コイル共に異常のないことを確認した。

4. まとめ

励磁した超電導磁石に推進コイルを対向させて通电し、導体部に電磁力を発生させる電磁加振装置を開発し、120° 単層隔極推進配置用推進コイル (単層推進コイル) を対象にして耐久性の検証方法を検討した。推進コイルと超電導磁石の間に遮蔽板を設けることで、超電導磁石の振動を抑制しながら地上コイルが加振できることを確認し、推進コイル位置、電流に対して想定どおりの電磁力が得られた。

耐久性試験に向けて山梨実験線走行試験の 5 年相当の連続加振試験を実施し、電磁加振試験装置が今後の耐久性試験装置として活用できる見通しを得た。

本研究開発は、国庫補助金を受けて行った。