

浮上式鉄道 浮上式車両の大変位挙動解析のための電磁力連成モデルの構築

米津武則 星野宏則 鈴木江里光 渡邊健

これまで、超電導磁気浮上式鉄道の車両運動に関しては、設計諸元や乗り心地向上策の検討を目的として、微小変位領域での車両運動の計算機シミュレーションを中心に解析を行ってきた。研究の次段階として、車両故障・地震時等の現車では実験困難な大変位挙動の解明を目指し、今回、大変位まで対応が可能な浮上式鉄道車両運動用解析モデルを作成した。このモデルでは、台車に働く電磁力を逐次計算し、運動方程式に反映させることにより、大変位挙動時の磁気ばねの非線形性の再現が可能となった。

また、作成したモデルを用いてガイドウェイ高低変位設定試験との比較を行い、妥当性を検証した。その結果、今回作成したモデルは、従来モデルに比べ、実験値により近い値が得られ、大変位時の車両運動を詳細に解析できる見通しを得た。

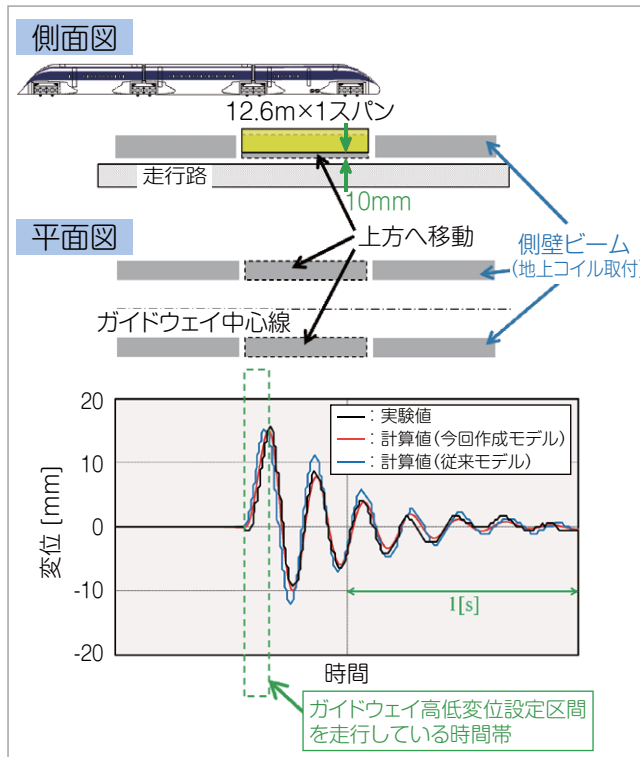


図 ガイドウェイ高低変位設定試験の計算結果と実験結果の比較(台車～地上間上下変位)

浮上式鉄道 希土類系高温超電導線材を用いた超電導コイル製作手法の提案

水野克俊 小方正文 長嶋賢

希土類系高温超電導線材は臨界温度だけでなく、磁場中での通電特性も優れているため磁気浮上式鉄道への適用が期待されている。

しかしながら、実用的な希土類系高温超電導線材が開発されたのはごく最近であり、コイル化技術を始め様々な課題が存在している。その中でも樹脂含浸手法の確立は重要な課題である。一般的に低温超電導コイルの樹脂含浸にはエポキシ樹脂が用いられているものの、エポキシ樹脂は熱収縮が大きい超電導線材に熱応力が働く。希土類系高温超電導線材は特定の方向の応力に対して極端に弱いので、希土類系超電導コイルに対してエポキシを用いると通電性能の低下を招いてしまう。

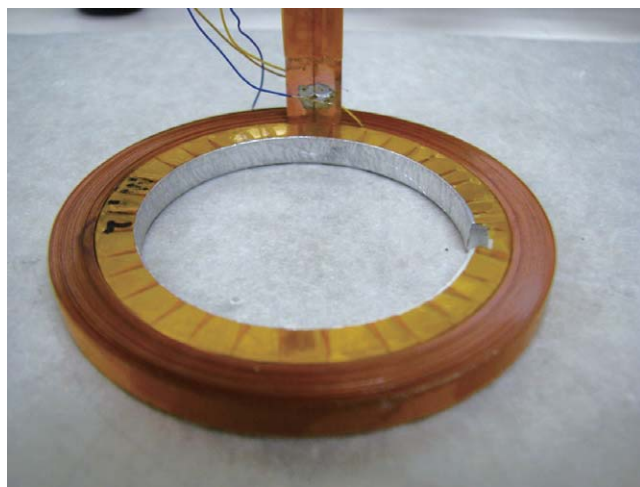


図 樹脂含浸試験に用いた希土類系超電導コイル

著者らは瞬間接着剤として広く知られているシアノアクリレート樹脂を含浸材として用いることにより、含浸に伴う通電性能の低下を防げることを明らかにした。

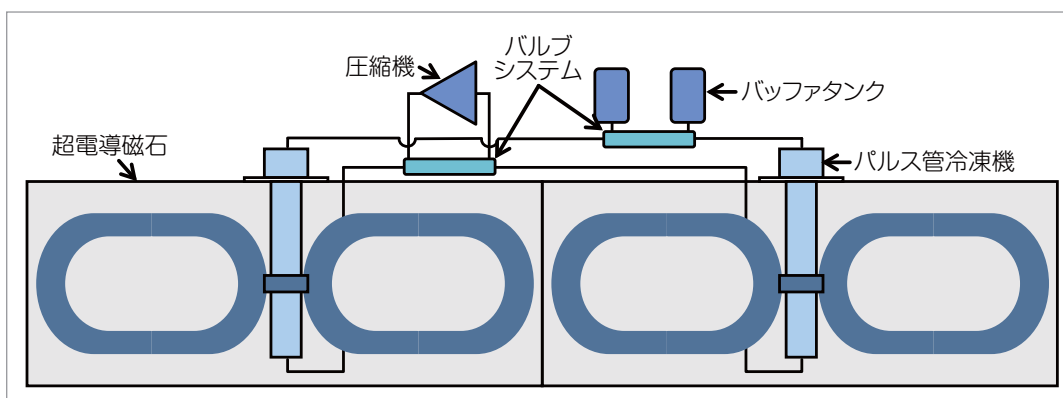
浮上式鉄道 並列パルス管冷凍機による高温超電導磁石冷却システムの開発

宮崎佳樹 池田和也 水野克俊 長嶋賢

磁気浮上式鉄道用超電導磁石が、20K～50Kの温度領域で運用が見込まれる希土類系高温超電導線材で製作されれば、超電導磁石の熱的安定性が向上するため、信頼性の向上が期待できる。

運転温度が50K程度まで上昇すれば、単段冷凍機で冷却することも可能となる。このような単段冷凍機として低温部に可動部の存在しないパルス管冷凍機を用いれば、必要なメ

ンテナンスはすべて室温空間のみとなり運用面で大きな利点となる。そこで機器の信頼性、メンテナンス性が高く、車載冷凍機として適しているパルス管冷凍機を適用することについて実験的に検討した。パルス管冷凍機を2台並列、逆相モードで運転した場合には、50Kにおける冷凍能力、COPは、同相時と比較して約1.6倍まで向上することがわかった。さらにパルス管冷凍機の蓄冷材を変更して、20Kでの能力向上を目指した検討を行った。



高温超電導磁石の概念図

浮上式鉄道 光ファイバを用いた極低温機器の温度測定技術の開発

山田秀之 小方正文 水野克俊 長嶋賢

高温超電導線材を用いた超電導磁石の実用化に向けた研究が進んでいる。高温超電導磁石が実用化になった場合、異常を早期に発見して大きな故障を未然に防止するには、

内部温度監視が有効な方法である。従来の温度センサに対して、光ファイバによる温度センサは1本のセンサで多点を測定することができ、また多数の金属線を配線する必要がないため、冷却容器内部への熱侵入量が少ないというメリットもある。光ファイバ温度センサには光ファイバ内で

の散乱光を利用する分布型と多点の温度センサ部での反射光を利用する多点型の大きく2つの方式があり、分布型は光ファイバに沿って連続的に温度を測定できるが、極低温の温度測定は困難であることがわかった。それに対して、多点型はグレーティング加工した温度センサ部でしか温度測定ができないが、極低温の温度を再現性良く、多点を同時に測定することができ、また、コーティングにより感度を向上することができる。

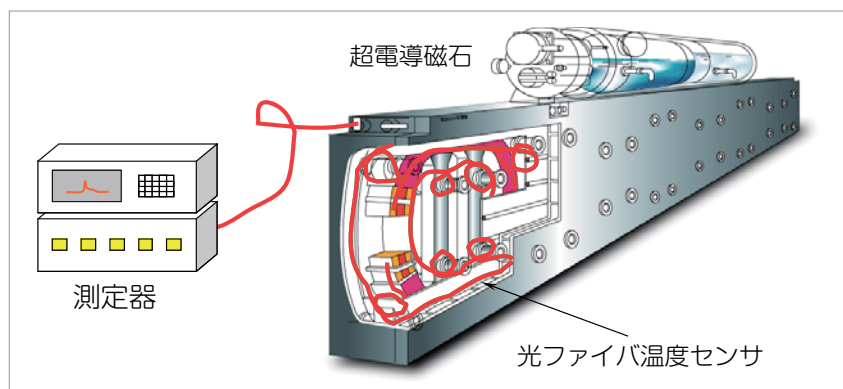


図 超電導磁石への光ファイバ温度センサ適用イメージ

浮上式鉄道 PLG方式地上コイルのケーブル配線施工性検証

高橋紀之 鈴木正夫

鉄道総研で開発を進めてきた、推進・浮上・案内の機能を一つに集約した地上コイル (combined Propulsion, Levitation and Guidance system, 以下、PLG方式地上コイル) は、コイル数の低減や取付構造の簡素化などによるコスト低減が見込まれる一方、高耐圧化された案内回路構成用 (ヌルフラックス) ケーブルを敷設する必要があるなど、ケーブル接続が複雑化する。このため、実際のケーブル敷設を検討するために1/10スケールのガイドウェイ模型を製作し、実際の配線の検討を行った後、実物大規模のガイドウェイを用いて施工性検証を行い、接続ケーブルの必要長さ、ならびに配線手順と配線・ケーブル固定方法を確認した。本検証により、PLG方式を採用した場合にも



図 実物大模擬ガイドウェイ (上) とケーブル敷設検証の一例 (下)

管路形状や施工治具の工夫により、現状のガイドウェイ構成から大幅な変更をしなくても施工が可能であることを確認した。

浮上式鉄道 巻線コイルに圧縮成形を適用した低渦電流損失地上コイルの開発

鈴木正夫 高橋紀之 饗庭雅之 太田聡

磁気浮上式鉄道において、軌道の全線に亘って必要となる地上コイルは、膨大な数が対象となる。従って、地上コイルの開発においては、安定した性能に加えコスト低減が不可欠な命題となっている。また、巻線コイル導体には、車両通過時の変動磁界により渦電流が生じ損失となる。これは車両走行時の磁気抗力となるばかりでなく、コイル導体の不要な発熱を招くため、システムのランニングコスト低減や地上コイルの温度上昇抑制の観点から、渦電流損失の低減化は極めて重要である。

ここでは、定置試験による渦電流損失に関する定量比較から、巻線用線材として円形撚り線を選定し、低渦電流損失地上コイルを開発した。その結果、巻線コイルの寸法精度向上と渦電流損失低減を両立させる手段として、本巻線

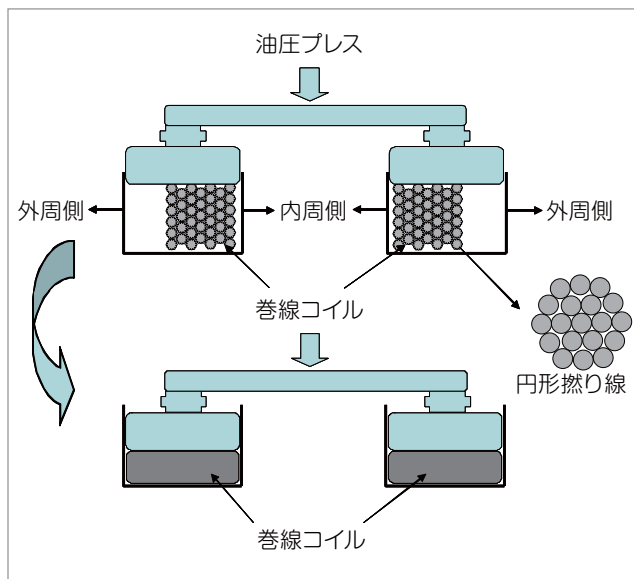


図 巻線コイルへの圧縮成形適用概念

コイルに圧縮成形を適用することにより、層間絶縁強度を低下させることなく、巻線コイルやモールド偏肉の寸法精度を大幅に改善できる見通しを得た。

車両 在来方式鉄道用非接触給電装置に用いるコイルの構成
 柏木隆行 長谷川均 坂本泰明 加藤佳仁

蓄エネルギー電車やハイブリッド電車への適用を検討している非接触給電による電力供給は、課電部の露出が無いため感電・漏電の危険性が低く、また接触部も無いために騒音の原因となりにくく、保守が簡易で済むといった特長がある。一方で接触集電に比較して供給時の伝送効率が低く、また設備コストが高くなるという課題がある。本論文では鉄道用非接触給電装置に用いるコイルについて、損失低減やコスト削減を図る構成について検討した。その結果、①巻線材料として従来用いられてきた絶縁素線で構成される高価なリッツ線に代わり、非絶縁の細素線から構成されるVFF線のような安価な線材で構成可能なこと、②漏れ磁束を低減する8の字コイルを採用することで損失を低減し、レール幅限度までコイルを有効に生かして設置することが可能であることを明らかにした。

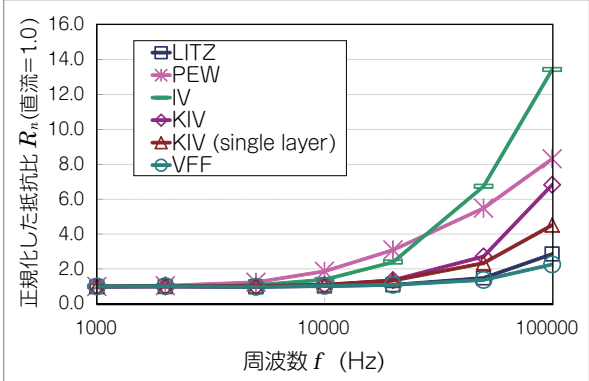


図1 正規化した抵抗比 R_n (直流=1.0)

断面イメージ	LITZ	PEW	IV	KIV	VFF
線材	LITZ	PEW	IV	KIV	VFF
素線径 (mm)	0.29	2.00	0.8	0.32	0.18
1ターン当たり素線数	35	1	7	45	100 (50×2)

■ 銅素線
 ■ 絶縁被覆付銅素線

図2 線材断面図

車両 円環状ハルバツハ配列磁気回路を用いた
浮上式鉄道 室温磁気冷凍機の特性
 脇耕一郎 宮崎佳樹 荒井有気 水野克俊 長嶋賢川南剛

鉄道車両の冷房装置のCOP (Coefficient of Performance: 成績係数, 冷房能力を入力仕事で割ったもの) は、車両に搭載する際の制約条件のために、家庭用のそれに比べて低いものになっている。車両の運用に関わる省エネルギーを図るため、現行の蒸気圧縮式冷凍に代わり得る冷房技術として、室温領域の磁気冷凍に取り組んでいる。磁気冷凍は、磁気熱量効果 (ある種の強磁性体である磁気作業物質の励磁・消磁に伴う発熱・吸熱の作用) を応用するものである。磁気作業物質に対して強い磁場を効率的に作用させる設計を行い、円環状ハルバツハ配列の磁気回路の対と、その回転による励消磁という方式を採用した。この設計を基にして室温磁気冷凍機を製作し、能力試験を行なった。

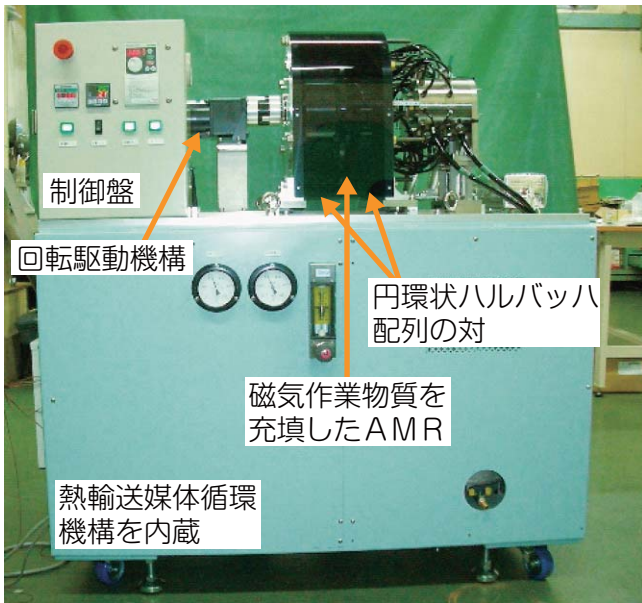


図 製作した室温磁気冷凍機