

日本国有鉄道納め

浮上式鉄道実験線用推進案内用地上コイル

Normal Conducting Coils for Propulsion and Guidance for Experimental Levitated Vehicle of High Speed Ground Transportation Supplied to the Japanese National Railways

日本国有鉄道が宮崎県に建設中の浮上式鉄道実験線の推進案内方式は、地上側に推進案内用地上コイルを設置した地上一次リニアシンクロナスモータ方式である。そのため、推進案内用地上コイルは屋外設置となり、全天候形の耐候性が要求される。また軌道全長にわたって設置されるので、軌道への取付施工が容易でなければならない。そこで日本国有鉄道車両設計事務所が中心となり、日立製作所、東京芝浦電気株式会社、三菱電機株式会社との共同設計で地上コイルの対地絶縁の耐候性保護と軌道への取付を考慮してFRP(Fiber Reinforced Plastics)の一種であるSMC(Sheet Molding Compound)により一体成形する地上コイルを開発し、日立製作所は推進案内用地上コイルを製作納入した。軌道への取付法は、皿ばね座金を使用して、SMCの圧縮クリーブによる締付力低下の少ない構造を採用している。耐候性、電磁力などの信頼性確認の結果、実験線の使用条件を十分満足できる見通しを得た。

狩野育志* Kano Ikushi
辰巳 保* Tatsumi Tamotsu
助田正巳* Sukeda Masami
天城滋夫** Amagi Shigeo
梅田高雄** Umeda Takao

1 緒 言

日本国有鉄道では、地上輸送能力増大の要望に対処した新しい交通機関として、エネルギー有効活用、公害などを含めた基礎検討を経て、超電導磁気浮上方式による浮上式鉄道実験線を宮崎県に建設中であり、既に全長7kmの一部ができあがり、走行試験を開始している。

浮上式鉄道実験線の推進方式は、地上側に推進案内用地上コイル(以下、推進案内コイルと略す)を設置する地上一次リニアシンクロナスモータ方式である。推進案内コイルは、屋外の軌道全長にわたって設置され、一般の電気機器のコイルにない全天候性の条件で使用される。また、その使用個数が多いので、量産性と取付施工性も合わせて要求される。以上のような課題を多角的に検討し、実験線の条件にマッチした推進案内コイルの製法と軌道への取付条件を決定したので、その内容について紹介する。

2 浮上式鉄道実験線用推進案内コイル

2.1 主要諸元

浮上式鉄道実験線の主要諸元を表1に示す。推進案内コイルは軌道の両側に設置され、図1に示すように並列接続されて、推進電流 i_p による推進力とともに車両の変位に伴う循環電流 i_c によって、案内力が得られる推進案内併用方式となっている¹⁾。

2.2 推進案内コイルの構成

推進案内コイルの導体には経済性及び将来の資源的な制約の面よりアルミニウムを使用している。コイルの層間絶縁、対地絶縁はレジン含浸処理の不要なプリプレグ絶縁方式を採用し、製作工程の短縮化を図り、量産に対応できる構成となっている。口出端子にはアルミニウムの耐食性を考慮して銅を使用するので、コイル導体(アルミニウム)との接続は特殊接続法を採用し、信頼性の向上を図った。

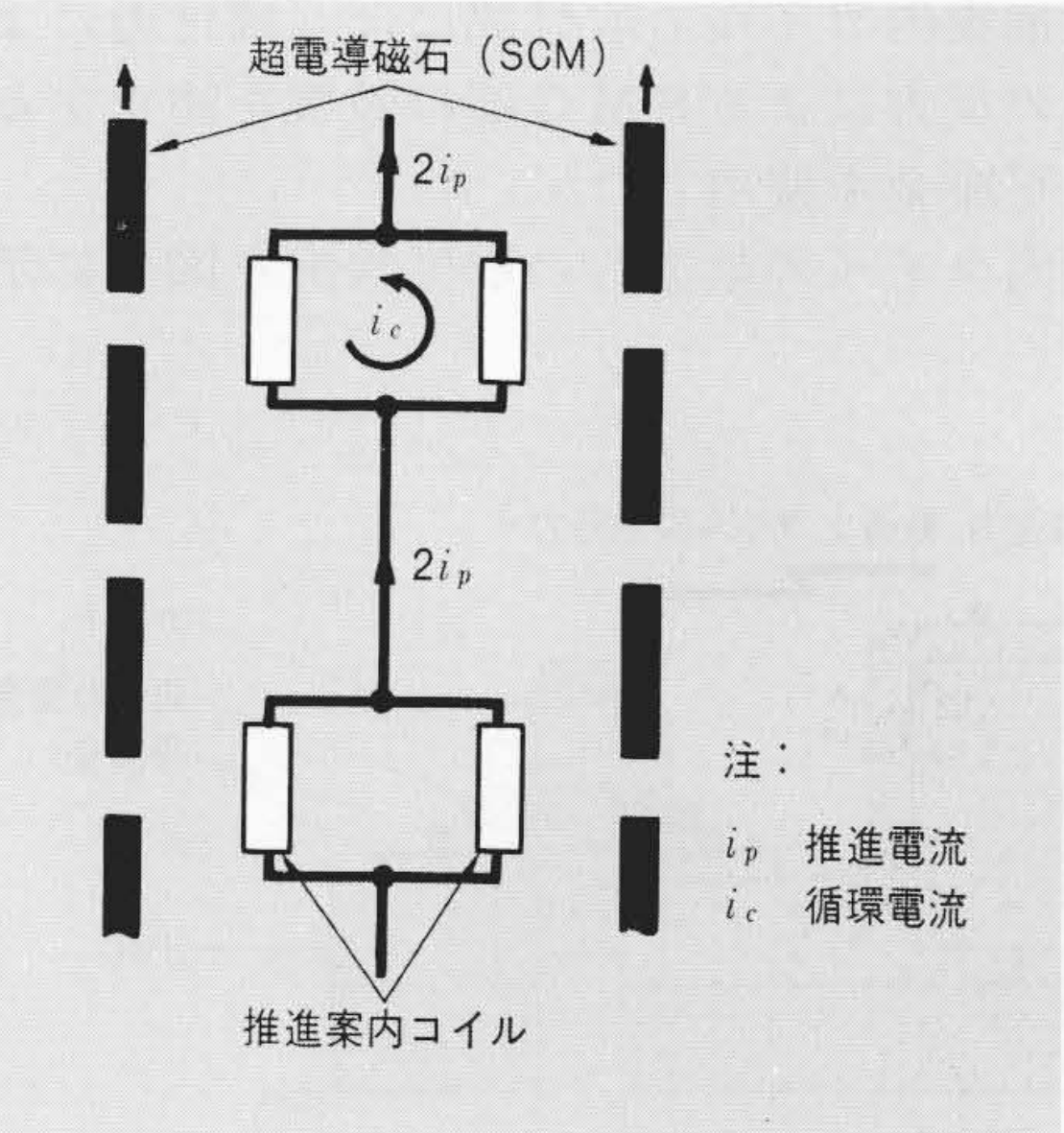
耐候性保護層のSheet Molding Compound(以下、SMCと略す)は、耐候性保護とともに強度メンバーを兼ねること

表1 浮上式鉄道実験線の推進案内コイル主要諸元 導体は経済性よりアルミニウムとし、絶縁はSMC採用により全天候形とした。

項 目	諸 元
コイル中心寸法	700mm×1,100mm
導 体	アルミニウム
対 地 電 圧	3,000V
電 流	1,100A(片側550A)
コイル取付ピッチ	1.4m
耐 候 性	全天候形

から、詳細に組成から検討を実施し、材質の選定を行なった。推進案内コイルの耐候性保護層に使用するSMCの特性を表2に示す。

コイルを内蔵するSMCの成形には偏肉と熱膨張係数の差に起因する熱応力という二つの技術的問題があったが、成形品の構造と成形技術とによりこれを解決し、品質の安定した推進案内コイルを製造している。また、機械的強度の要求される取付部は、特殊リブにより強度向上を図った。



注：
 i_p 推進電流
 i_c 循環電流

図1 推進案内コイルの結線法 超電導磁石に対向する左右推進案内コイルを、それぞれ並列接続する様子を一相について示した。

* 日立製作所日立工場 ** 日立製作所日立研究所

表 2 耐候性保護層用 SMC の特性 推進案内コイルに使用する SMC の成形板による各種特性の測定結果を示す。

No.	項 目	条 件	単 位	特 性 値
1.	比 重	常 態	—	1.72
2.	引 張 強 さ	"	kg/mm ²	8.2
3.	引 張 弾 性 率	"	kg/mm ²	1,150
4.	曲 げ 強 さ	"	"	18.5
5.	"	100℃	"	10.2
6.	"	180℃ 26 日劣化後	"	16.2
7.	"	紫外線照射300時間後 (サンシャインウェザーメータ)	"	16.1
8.	"	煮沸劣化 4 日後	"	10.2
9.	貫層絶縁破壊電圧	常 態	kV/mm	27.0
10.	"	180℃ 26 日劣化後	"	20.8
11.	"	煮沸劣化 4 日後	"	10.5
12.	絶 縁 抵 抗	常 態	Ω	>10 ¹²
13.	曲 げ 疲 れ 強 さ	常態10 ⁴ 回	kg/mm ²	15.6

3 推進案内コイルの軌道への固定方法

軌道への推進案内コイルの固定は、取付高さを調節するために図 2 に示すように推進案内コイルの取付部と軌道との間に調整板をはさみ、ボルトとナットを用いて行なう。この固定を行なう際のナットの締付条件を決定するために留意した主な点は次のような事柄である。まず、推進案内コイルとコンクリート製軌道間の温度差及び線膨張係数の差による熱応力がある一定値を超えたとき、コイル取付部と軌道の間で滑り、熱応力が緩和できるようにする。一方、推進力の反力では推進案内コイルが絶対に移動しないようにする。ところで、推進案内コイルの強度メンバーとして使用した SMC 及び調整板に使用した Bulk Molding Compound（以下、BMC と略す）の応力緩和弾性係数は時間の経過とともに低下する²⁾。応力緩和とは、例えば材料に一定のひずみを与えたときに生ずる応力が時間の経過に伴って低下する現象であり、この低下する速さは SMC や BMC の温度が上がるほど加速される。そこで、応力緩和によるナットの締付力の低下及びボルトと SMC、BMC の間に生ずる熱応力による締付力の変化を小さく抑えるために、図 2 に示す皿ばね座金を使用した。この皿ばね座金のばね常数の決定は、SMC と BMC の応力緩和弾性係数、厚さ、実験線がさらされる温度などを考慮して行なった。その結果、初期の締付力に対する残存締付力の割合、すなわち締付力の残存率は皿ばね座金を使用することにより、使用しない場合よりも大きくなり、例えば初期の 50% に達する時間は約 10 日から 20,000 日へと延ばすことができた。

ナットが当たる推進案内コイルの取付部には、締付力による面圧や BMC からの反力による SMC 部の破壊を防止するために適切な形状の平座金を使用した。

実験線での推進案内コイルの軌道への取付状況を図 3 に示す。

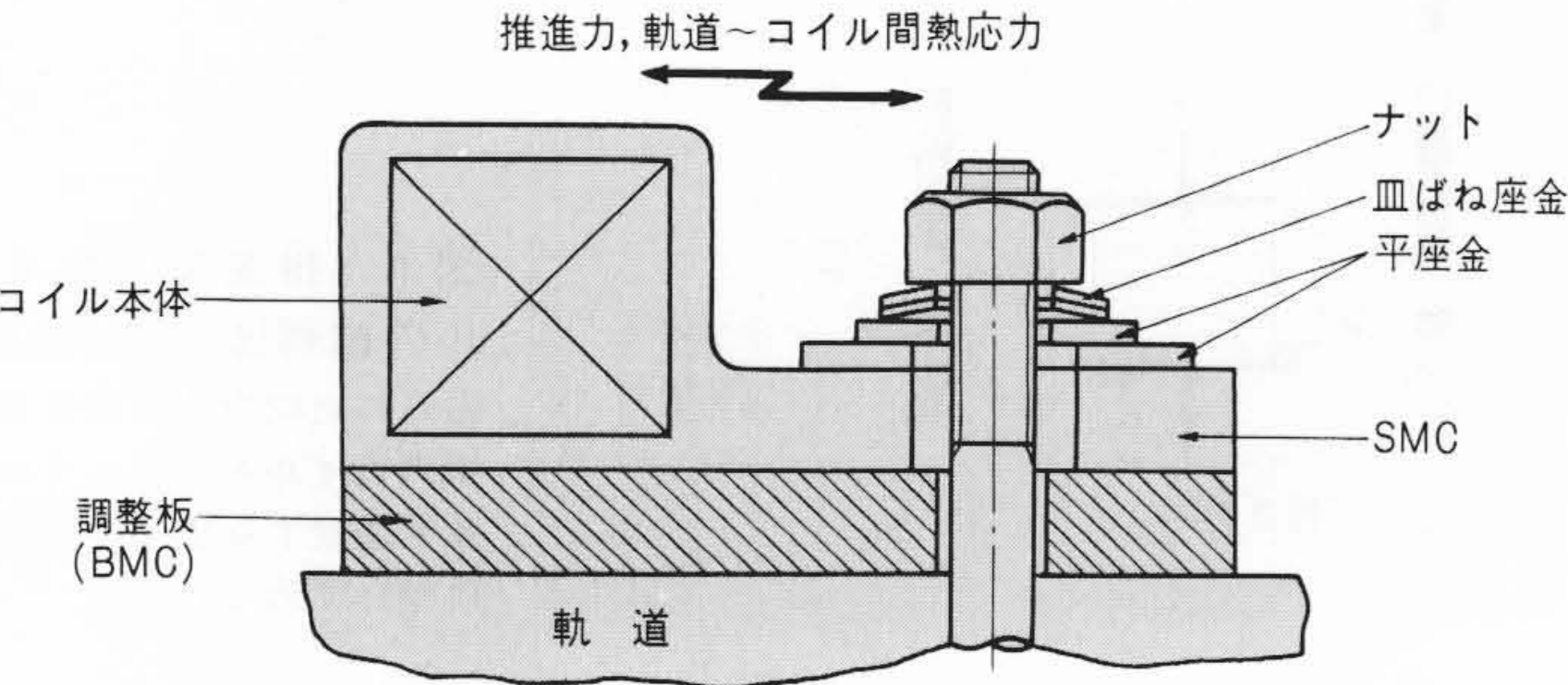


図 2 推進案内コイル取付部の構造 推進案内コイルの軌道への取付法と、取付部 SMC、調整板 BMC 及び座金類の構成を示す。

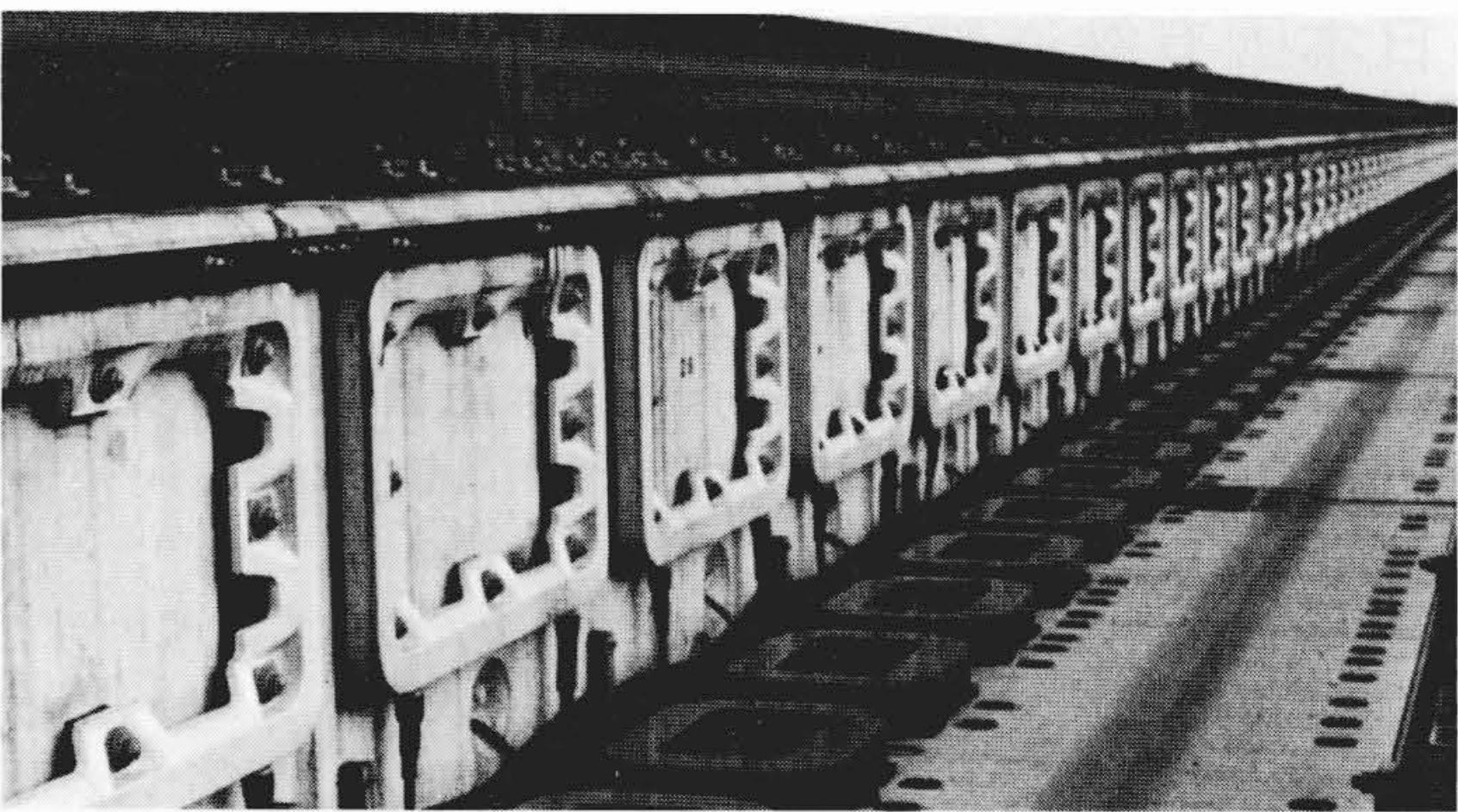


図 3 実験線の地上コイル取付状況 宮崎県に建設中の浮上式鉄道実験線で、地上コイルを軌道へ取り付けた状況を示す。

4 推進案内コイルの信頼性

推進案内コイルは一般のコイルと比較し、屋外設置に伴う耐候性と空心コイルのため耐候性保護層を強度メンバーとしており、機械的応力の点で過酷な使用条件となる。そのため、十分な信頼性の確認を実施し、実験線に十分対応できることを確認した。

4.1 耐 候 性

SMC 成形板の耐候性は、表 2 に示すように劣化の少ない良好な特性であるが、成形板と成形条件の異なる実物コイルで、絶縁特性の変化、ケーブルとの接続部の劣化状況なども含め総合的に評価するため、実物コイルで、屋外暴露により耐候性試験を実施し問題のないことを確かめた。現地へ据付後 1 年余り経過したがほとんど劣化の兆候は認められていない。

4.2 電磁力耐力

推進案内コイルに加わる電磁力は、推進力、左右偏位に伴う案内力及び上下偏位に伴う上下力の 3 種であり、静的な荷重試験では、いずれの力に対しても十分な強さをもっていることを確認した。事故時を想定した低サイクルの大電磁力試験と通常運転時想定の上返し印加試験を実施し、実験線の使用条件では十分な強さをもつことを確認した。

4.3 そ の 他

運転繰返しに伴う温度変化による熱応力に対する耐力や絶縁の弱点部となりやすい口出部を含む耐水性、及びその他の絶縁特性についても各種評価を実施し、十分な信頼性をもっていることを確認した。

5 結 言

以上、今回開発した浮上式鉄道実験線用推進案内コイルについて述べた。内部絶縁の耐候性保護と軌道への取付部を SMC で一体成形する構造であり、その成形技術、軌道への取付施工性などの点で数々の技術的な課題があったが、推進案内コイルの製作技術、取付施工技術の確立及び信頼性確認試験により、実験線の使用条件を十分満足できる見通しを得た。

終わりに、推進案内コイルの開発に当たって終始御指導いただいた日本国有鉄道の関係各位、及び取付施工性の検討に御協力をいただいた日立プラント建設株式会社の関係各位に対し深く感謝する次第である。

参考文献

1) 牧，奥田ほか：超高速磁気浮上列車用リニアシンクロナスモータの特性，日立評論，58，297（昭51-4）
2) 鈴木，宮野，天城：積層 G R P 板の圧縮特性，材料，No.259（昭50-4）