

IV-263

ガイドウェイ測量用電磁式コイル変位検出器の開発

鉄道総合技術研究所 正会員 吉田 眞
 鉄道総合技術研究所 正会員 竹下 邦夫

1. はじめに

磁気浮上式鉄道では、ガイドウェイ狂いが浮上車の上下及び左右動揺の原因となり、乗心地の悪化や走行安全性を損なう原因となる。このガイドウェイ狂いの整正作業では移動量等を求めるためにガイドウェイの測量が必要となり、非接触でコンパクトな測量用電磁式コイル変位検出器の開発を進めている。ここでは、この測量用電磁式コイル変位検出器の開発における測定原理の検証と試作装置による試験について述べる。

2. 測定原理

測量用電磁式コイル変位検出器の基本的な考え方は、閉ループをなす浮上案内コイルに対向してセンサコイルを配置した場合、両コイル間の距離により相互インダクタンスが変化する現象を利用するものである。

2.1 測定モデル

図1に示すようにセンサコイルは、1個の励振コイルと2個の検出コイルから構成され、各

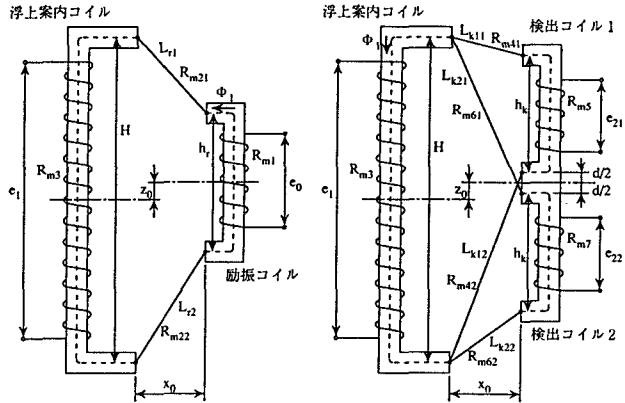


図1 コイル変位検出器の測定モデル

センサコイルは高透磁率のコア材に導線を巻いたものとする。浮上案内コイルと1個の励振コイル、浮上案内コイルと2個の検出コイルがそれぞれ配置され、互いの位置関係を左右方向（ここではX方向）に x_0 、上下方向（ここではZ方向）に z_0 離れているモデルを考える。便宜上浮上案内コイルをセンサコイルのコア材と同じ断面積を持つコア材に導線を巻いたものと考え、センサコイルの各コイルと浮上案内コイル間では磁束の漏れが無いと仮定する。また、空中における磁路の断面積はコア材の断面積と同等と仮定する。

2.2 検出特性の検討

図1のモデルから各コイル間の磁気回路を考える。ここで、励振コイル、浮上案内コイル、検出コイル1及び2の各磁気抵抗を R_{m1} 、 R_{m3} 、 R_{m5} 、 R_{m7} とし、励振コイルと浮上案内コイル間の空中の磁気抵抗を R_{m21} 、 R_{m22} 、この場合のコイル間の距離を L_{r1} 、 L_{r2} とする。同様に浮上案内コイルと検出コイル1間の場合は、 R_{m41} 、 R_{m42} 、 L_{k11} 、 L_{k12} 、浮上案内コイルと検出コイル2間、 R_{m61} 、 R_{m62} 、 L_{k21} 、 L_{k22} とする。出力である検出コイル1及び検出コイル2の誘導起電力 e_{21} 、 e_{22} を求めると、

$$e_{11} = \frac{e_0}{R_{m1} + R_{m7} + K_e(L_{r1} + L_{r2})} \cdot \frac{R_{m5}R_{m7} + R_{m5}K_e(L_{k21} + L_{k22})}{R_{m5} + R_{m7} + K_e(L_{k11} + L_{k12} + L_{k21} + L_{k22})} \quad (1)$$

$$e_{12} = \frac{e_0}{R_{m1} + R_{m3} + K_e(L_{r1} + L_{r2})} \cdot \frac{R_{m5}R_{m7} + R_{m7}K_e(L_{k11} + L_{k12})}{R_{m5} + R_{m7} + K_e(L_{k11} + L_{k12} + L_{k21} + L_{k22})} \quad (2)$$

$$K_e = \frac{1}{\mu_0 S} \quad (\mu_0 : \text{空中の透磁率}, S : \text{磁路の断面積}) \quad (3)$$

で示される。(1)式及び(2)式中コイル間の距離以外は定数とみなすことができるため、検出コイル1及び検出コイル2のおおよその検出特性を s_1 、 s_2 と考えて下式に示す。

$$s_1 = \frac{1}{L_{r1} + L_{r2}} \cdot \frac{L_{k21} + L_{k22}}{L_{k11} + L_{k12} + L_{k21} + L_{k22}} \quad (4)$$

$$s_2 = \frac{1}{L_{r1} + L_{r2}} \cdot \frac{L_{k11} + L_{k12}}{L_{k11} + L_{k12} + L_{k21} + L_{k22}} \quad (5)$$

(4)式及び(5)式より変位 x_0 、 z_0 による検出特性を図2、図3に示す。図2及び図3より左右方向の変位には検出コイル1及び検出コイル2の和の値、上下方向の変位には差の値を用いれば良いことが認められる。

3. 試作装置による試験

測定原理を検証し、実用化上の問題点を明らかにするため実験用装置の試作を行った。センサコイルの重量はモールド材も含め3 kgf程度である。

試験は、手巻きのダミーコイルを使用し、上下・左右方向の2軸移動が可能な試験用治具にセンサコイルを取り付け、センサコイルとダミーコイルの中心高さを一致させダミーコイルに対向して設置した。センサコイルとダミーコイルの対向した表面距離を100mmとし、その位置を基準位置として上下及び左右方向に各々+40mmから-40mmまで10mmピッチで移動させて検出コイル1及び2の出力の測定を行った。

その結果の一例を図5に、また補正演算の結果を図6に示す。この結果から測定原理の検討から予想された特性を示すことが明らかとなった。また、問題点として測定原理の検討の際に考慮しなかった漏れ磁束が測定精度に大きく寄与し、試験用治具及び付近の金属との相対位置により検出コイルの出力が変動することが認められた。

4. まとめ

- (1) 検出特性の検討及び試作装置による基礎試験の結果、コア材を用いたセンサコイルを使用してコンパクトな浮上案内コイルの変位検出器ができることが明らかとなった。
- (2) 漏れ磁束による影響が大きく、センサコイル付近に金属がある場合は検出精度が低下することが明らかとなった。この対策として、センサコイルに磁気的なシールドを考えている。

5. あとがき

ここでは、主として、測量用電磁式コイル変位検出器の検出特性の検討と定置試験の結果について述べた。この測量用電磁式コイル変位検出器はレーザ測量装置のコイル変位検出器として用いることを目的としており、浮上式鉄道山梨実験線用に対応するため開発を進めている。なお、本開発は国庫補助を受けて実施したものである。

参考文献

- (1) 竹下：ガイドウェイ検測車電磁式変位検出器の開発，日本機械学会鉄道技術連合シンポジウム論文集，1994.12

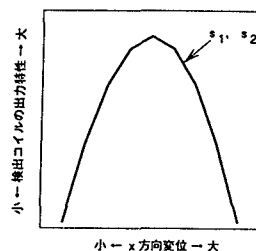


図2 x変位の特性

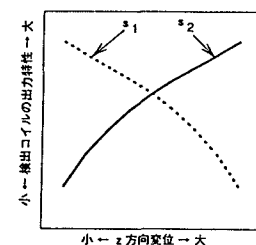


図3 z変位の特性

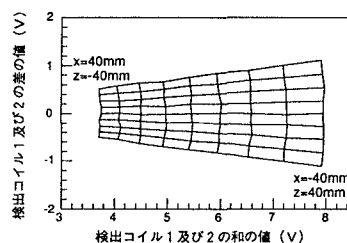


図4 ダミーコイルによる検測結果

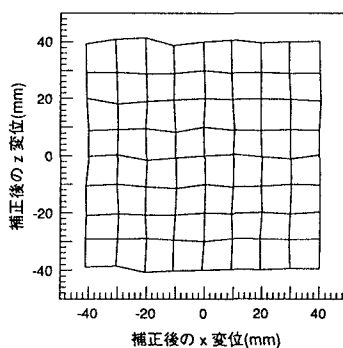


図5 補正演算結果