

（財）鉄道総合技術研究所 正員 富田 健 司
 （財）鉄道総合技術研究所 村 田 信 之
 （財）鉄道総合技術研究所 正員 松 浦 章 夫

1. はじめに

山梨実験線で採用される浮上コイル（案内兼用）をガイドウェイの側壁に鉛直に配置した方式（以下「側壁浮上方式」と呼ぶ）とこれまで宮崎実験線で採用されてきた浮上コイルを車両の底面に対向するように水平に配置した方式（以下「対向浮上方式」と呼ぶ）の車両左右運動とローリング運動の連成を浮上・案内機構からとらえ、車両の簡略化モデルを誘導した。

2. 側壁浮上方式と対向浮上方式の浮上・案内機構

側壁浮上コイル（案内兼用）の配置と接続方法を図1に示す。超電導コイルの進行にともない図1の回路に誘導電流が流れ、図2のような吸引・反発力が作用して、浮上力・案内力が発生する。

一方、対向浮上方式では、図3のような吸引・反発力により浮上力を得て、案内力については側壁に配置してある推進コイルにより得る。

吸引・反発力は、超電導コイルの素線と地上コイルの素線との間の「磁気ばね」の伸縮により大きさが変化するが、微小な変位に対しては線形ばねである。

山梨実験線仕様の側壁浮上方式では、車両が500 km/hで浮上走行する場合、安定沈み込み量 Δz は36 mmとなり、左右変位 Δy が0 mm, 2.0 mmの場合のコイル素線間の力の向きと大きさの比率（ $\Delta y = 0$ mmのときの最大浮上力を与える磁気ばねの力の大きさを1とする）は図4のようになる。案内系ばね定数は浮上系のばね定数の約60%に設定されている。車両の左右変位にともなって案内力が発生するが、浮上力も変化するために車体ローリング運動が発生する。力の向きと大きさから「上心ローリング」であることが分かる。

宮崎実験線仕様の対向浮上方式では、車両が400 km/hで浮上走行する場合、安定沈み込み量 Δz は30 mmとなり、 Δy が0 mm, 2.0 mmの場合に作用する力の向きと大きさの比率は図5のようになる。案内系ばね定数と浮上系ばね定数はほぼ等しく設定されている。車両の左右変位にともなって車体ローリング運動を

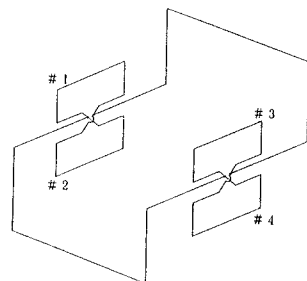


図1 側壁浮上コイル（案内兼用）の配置と接続方法

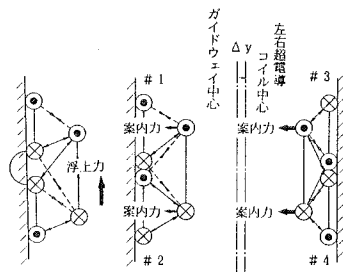


図2 側壁浮上方式の吸引・反発力

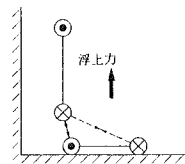


図3 対向浮上方式の吸引・反発力

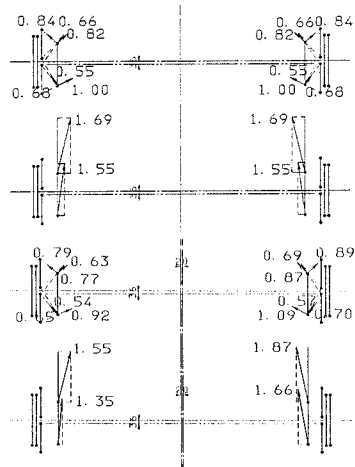


図4 側壁浮上方式の浮上力・案内力

生させるように力が作用する。力の向きと大きさから「下心ローリング」であることが分かる。

3. 上心ローリングと下心ローリング

上心ローリング・下心ローリングを非常に簡略化したモデルで図示したものが図6、7である。

上心ローリング運動を鉛直振り子運動とみなせば、重心位置に微小左右変位 Y があるときの運動方程式は、

$$\ddot{Y} + \frac{M_y g L_y + K_y A_y^2 / L_y}{M_y L_y} Y = 0 \quad \dots (1)$$

解を $Y = C_y e^{\lambda t}$ と仮定し、特性方程式を解くと

$$\lambda = -\frac{M_y g L_y + K_y A_y^2 / L_y}{M_y L_y} \quad (< 0) \quad \dots (2)$$

となり、案内系ばね定数 K_y の大きさにかかわらず、系は常に安定であることが分かる。

下心ローリング運動を倒立振り子運動とみなせば、重心位置に微小左右変位 Y があるときの運動方程式は、

$$\ddot{Y} + \frac{-M_m g L_m + K_m A_m^2 / L_m}{M_m L_m} Y = 0 \quad \dots (3)$$

解を $Y = C_m e^{\lambda t}$ と仮定し、特性方程式を解くと

$$\lambda = \frac{M_m g L_m - K_m A_m^2 / L_m}{M_m L_m} \quad \dots (4)$$

系が安定であるためには、 $\lambda < 0$ でなければならないが、この条件を満たすには、安定系ばね定数 K_m が

$$K_m > \frac{M_m g L_m}{A_m^2} \quad \dots (5)$$

でなければならないことが分かる。

この非常に簡略化したモデルの上心ローリング・下心ローリングの安定性、不安定性を案内系ばね定数 K で判定できるようにしたものが図8である。

4. 今後の検討

実際の車両運動は、車体2次ばねの影響により、このような単純モデルでは説明しきれない。しかし、今後、乗り心地や地震時走行安全性など地上側との動的相互作用を解析するにあたり、基本特性の把握が必要となる。この際に、両方式の車両運動に関する評価をこのようなモデルにより実施することを予定している。

《参考文献》 藤原俊輔, 藤本 健: 浮上と案内を兼用する誘導反発式磁気浮上の特性, 鉄道総研報告, vol. 3, No. 11, 1989年11月 他

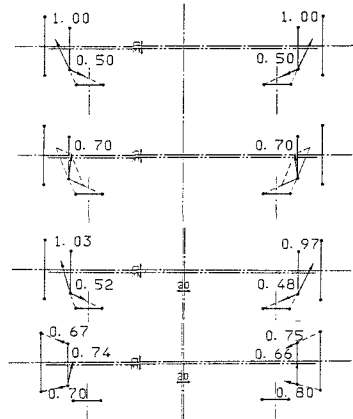


図5 対向浮上方式の浮上力・案内力

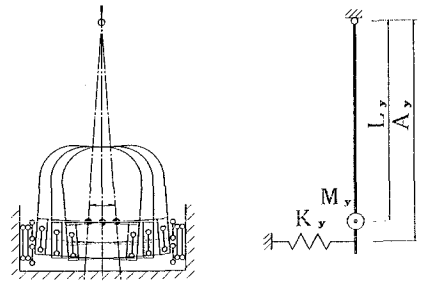


図6 側壁浮上方式の上心ローリング

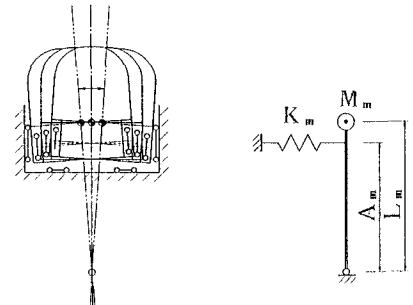


図7 対向浮上方式の下心ローリング

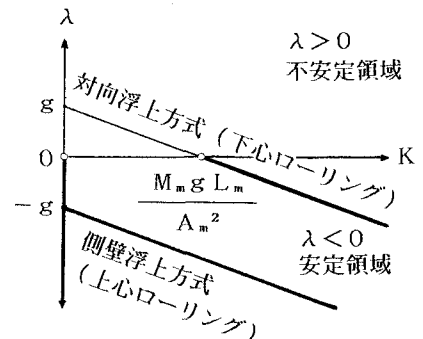


図8 案内系ばね定数と系の安定・不安定