

IV-89

浮上式鉄道のガイドウェイ狂い特性と乗心地

鉄道総合技術研究所 正会員 古川 敦

鉄道総合技術研究所 正会員 橋本渉一

日本鉄道建設公団 正会員 狩野弘治

1. はじめに

鉄道における乗心地評価の一指標として車両の周波数特性および軌道狂いのパワースペクトル密度(Power Spectrum Density: 以下PSD)から求められる乗心地レベルがある。一方浮上式鉄道のガイドウェイ狂いのPSDは在来鉄道の軌道狂いのPSDと比較して、その関数形に相違点がある。ここではガイドウェイ狂いのPSDから導かれる、浮上式鉄道の乗心地に関するいくつかの特徴について報告する。

2. 乗心地の評価

乗心地レベル(L_T)は以下の式で定義される。

$$L_T = 10 \cdot \log_{10}(\overline{a}^2 / a_{ref}^2) \quad (1)$$

ここで、 $\overline{a}$: 乗心地補正された車両振動加速度の2乗平均の実効値(m/s^2)

a_{ref} : 基準加速度($10^{-5} m/s^2$)

式(1)の $\overline{a}$ は次のように求める。

$$\overline{a}^2 = \int_0^{\infty} |H(f) \cdot W(f)|^2 S(f) df \quad (2)$$

ここで、 f : 時間周波数(1/s)

$S(f)$: ガイドウェイ狂いのPSD($mm^2 \cdot s$)

$H(f) \cdot W(f)$: 乗心地補正された車両の周波数応答関数($m/s^2/mm$) (図-1)

ガイドウェイ狂いのPSDは、空間周波数に対して定義されるので次の式で変数変換する。

$$S(f) = S(F) / v \quad (3)$$

ここで、 F : 空間周波数(1/m), v : 走行速度(m/s)

3. ガイドウェイのパワースペクトル密度

ガイドウェイ狂いのPSDは、ガイドウェイ施工段階において生じる各種誤差による狂いのPSDをもとに以下の式で表される¹⁾。

$$S(f) = \sum_i S_i(f) \quad (4)$$

ここで、 $S_i(f)$: i 番目施工段階で生じる施工誤差によるパワースペクトル密度($mm^2 \cdot s$)

また、 $S_i(f)$ を用いると、乗心地レベルは以下の式で求められる。

$$L_T = 10 \cdot \log_{10} \sum_i 10^{L_{Ti}/10} \quad (5)$$

ここで、 L_{Ti} : i 番目施工段階で生じる施工誤差による乗心地レベル

ここでいう施工段階とは、ガイドウェイ上への基準点の設置、側壁ユニット(ビーム、パネル)の製作、地上コイルの製作・取付および側壁ユニット架設というガイドウェイ施工の一連の作業の各段階をいう。なお式(4)は各施工誤差が独立の場合に成立するものである。表-1の施工誤差によるガイドウェイ狂いのPSDの例を図-2に、また在来鉄道のPSDの例を図-3に示す。

4. 走行速度と乗心地レベル

在来鉄道のPSDは図-3に示すように両対数軸上で右下がりの直線に近似される。このため走行速度が上昇するにつれ車両の共振領域である1 Hz~10 Hzの周波数における軌道狂いのパワーが大きくなり(すなわち図-3上で共振領域が左に移動し)乗心地が悪くなる。在来鉄道において速度向上とともに長波長領域の狂い管理が必要となるのはこのためである。一方ガイドウェイ狂いのPSDは、空間波長20 m~200 mの領域でパワーがほぼ一定であるため走行速度が変化しても乗心地レベルはほとんど変化しない。走行速度と乗心地レベルの関係を図-4に示す。

5. 動的狂いによる乗心地レベル

ガイドウェイを構成する側壁の一方式である側壁ビームには列車の走行によりたわみが発生する。車両走行時において、この変形はあたかもガイドウェイ狂いと同様に車両に作用し、乗心地を悪化させる。この場合の乗心地レベルは次のような考え方で求める。側壁ビームの変形を半正弦波としたときの線形は図

ー5のようになる。図-6は、図-5の線形のPSDである。このPSDによる乗心地レベルは通常のガイドウェイ狂いの場合と同様式(2)から求まる。さらに全体の乗心地レベルは式(5)から求めることができる。通常の側壁ビーム区間では、 $L=12.6\text{m}$ 、 $y_s=1\text{mm}$ であるが、これに対する乗心地レベルは500km/h 走行時で76dBとなる。ガイドウェイ狂いによる乗心地レベルを85dBとすると、ガイドウェイ狂いと側壁ビーム変形を合成した狂いによる乗心地レベルは式(5)より85.5dBとなり、側壁ビームの変形は乗心地にはほとんど影響しないことがわかる。

6. おわりに

ガイドウェイ狂いのパワースペクトル密度の特性から導かれる、浮上式鉄道の乗心地に関する特徴について報告した。なお5章に述べた構造物の変形に対する乗心地レベル計算方法は、在来鉄道においても同様のことが成立するため、橋梁のたわみ制限量算定手法として用いることができる。

参考文献

1) 古川，橋本：ガイドウェイ狂いのパワースペクトル密度と乗心地レベル，鉄道総研報告，Vol.7 No.2

1993.2

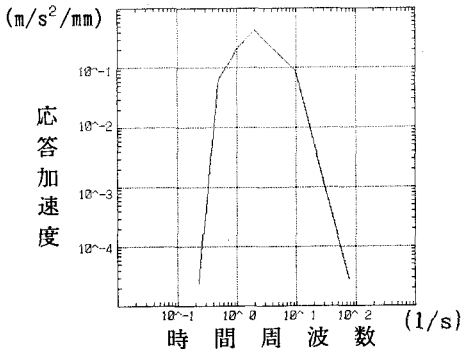


図-1 乗心地補正された車両の周波数応答関数（通り）

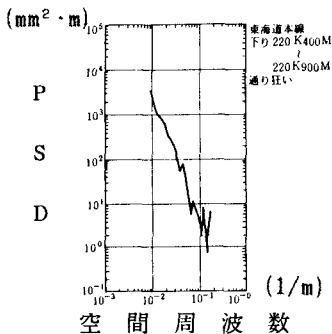


図-3 在来鉄道のパワースペクトル密度

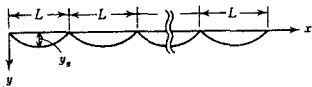


図-5 半正弦波形状の側壁ビーム変形曲線

表-1 各種施工精度（標準偏差）

測 量	1 秒	基準点設置	0.2mm
ビーム製作	2/3mm	工ム製作・取付	2/3mm
ビーム架設	1 mm		

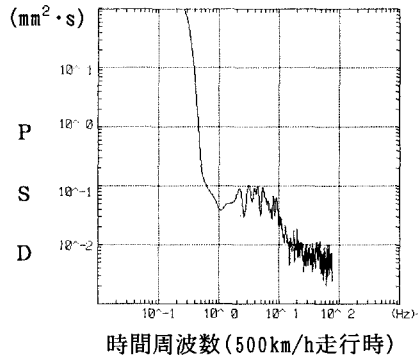


図-2 ガイドウェイ狂いのパワースペクトル密度

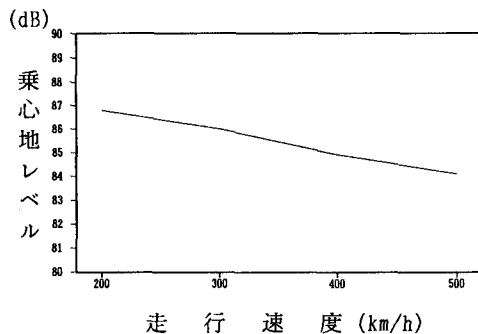


図-4 走行速度と乗心地レベル

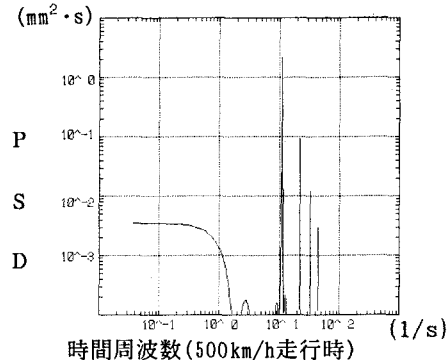


図-6 図-5のパワースペクトル密度