

IV-45 乗心地管理目標値の設定法とパワースペクトル密度の推定法 ---浮上式鉄道ガイドウェイ管理への適用---

鉄道総合技術研究所 正員 橋本渉一 日本鉄道建設公団 正員 狩野弘治
 東海旅客鉄道(株) 本田 敦

1. はじめに

車両の乗心地レベルと軌道狂いパワースペクトル密度を考慮して軌道の乗心地管理目標値を設定する手法と、施工誤差を考慮した仕上がり後の軌道狂いパワースペクトル密度の推定法を提案し、これらの浮上式鉄道ガイドウェイ管理への適用例を示した。

2. 乗心地管理目標値の設定

軌道狂いのパワースペクトル密度は空間周波数に対して(1)式で表される。

$$S(F) = \frac{A}{(B+F)^n} \quad \text{-----} \quad (1)$$

ここに、 $S(F)$: 軌道狂いパワースペクトル密度 (mm^2/m)
 F : 空間周波数 ($1/\text{m}$)
 A, B, n : 定数

時間周波数と空間周波数との関係は(2)式で、これら両周波数の関数となるパワースペクトル密度の関係は(3)式で表される。

$$F = \frac{f}{v} \quad \text{-----} \quad (2)$$

$$S(f) = \frac{1}{v} S(F) \quad \text{-----} \quad (3)$$

ここに、 f : 時間周波数 ($1/\text{m}$)
 v : 速度 (m/s)
 $S(f)$: 軌道狂いパワースペクトル密度 (mm^2/s)

軌道狂いによる車両振動加速度の乗心地補正されたパワースペクトル密度は(4)式で計算される。

$$R(f) = |H(f)|^2 S(f) W(f)^2 \quad \text{-----} \quad (4)$$

ここに、 $R(f)$: 乗心地補正された加速度パワースペクトル密度 (m^2/s^3)
 $H(f)$: 車両の周波数応答関数 ($\text{m/s}^2/\text{mm}$)・・・図1
 $W(f)$: 乗心地フィルターの周波数特性・・・図2

乗心地レベルは(5)および(6)式で求められる。

$$a^2 = \int R(f) df \quad \text{-----} \quad (5)$$

$$L_T = 20 \log_{10} \frac{a}{a_{\text{ref}}} \quad \text{-----} \quad (6)$$

ここに、 a : 乗心地補正された振動加速度の2乗平均値の平方根 (m/s^2)
 a_{ref} : 基準加速度 (10^{-5} m/s^2)
 L_T : 乗心地レベル (dB)

乗心地レベル L_T の目標値を設定すると(1)～(6)式から、軌道狂いパワースペクトル密度を規定する定数 A が求められる。

次にこれを検測する特性として、振幅のゲインを波長150mまで1.0としたときに得られる、検測後のパワースペクトル密度を空間周波数に対して表示すると図3となる。

軌道狂いの分散(標準偏差の2乗)は(7)式で得られる。

$$\sigma^2 = \int R(F) dF \quad \text{-----} \quad (7)$$

ここに、 σ : 軌道狂いの分散 (mm²)

目標とする乗心地レベルを確率99.7%で満足するように、軌道狂い管理目標値はこの標準偏差の3倍(3 σ)を設定するものとする。

3. 敷設誤差を考慮した軌道狂いパワースペクトル密度の推定

地上測量により基準点を設けガイドウェイ敷設を行う場合に、作業時に発生する種々の誤差を考慮してガイドウェイ(地上コイル)の線形は(8)式で表される。

$$y(x) = y_1(x) + y_2(x) + y_3(x) \quad \text{-----} \quad (8)$$

$$y_1(x) = \alpha_r + \sum \theta_r X; \quad X = x - nL \quad [nL < X \leq (n+1)L]$$

$$y_2(x) = \frac{\beta_{(1+1)r} - \beta_{(1)r}}{1} (X - x) + \beta_{(1)r}; \quad X = x - m1 \quad [m1 < X \leq (m+1)1]$$

$$y_3(x) = \gamma_r$$

ここに、 $y_1(x)$: 測量時の軌道中心線 L : 測量盛換長 100~150m程度

$y_2(x)$: プレキャスト部材ガイドウェイの敷設誤差 1 : ガイドウェイ単位長 12.6m

$y_3(x)$: ガイドウェイ部材への地上コイル敷設誤差

$\alpha_r, \beta_{(1)r}, \gamma_r$: 敷設誤差 θ_r : 測角誤差 [r は乱数発生を意味する]

これからガイドウェイ線形は図4で示され、このパワースペクトル密度は図5で得られる。また車両の乗心地レベルが(2)~(6)式から推定可能となる。

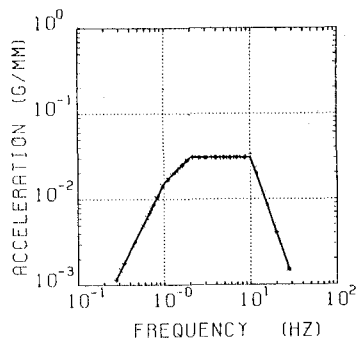


図1 車両周波数応答関数

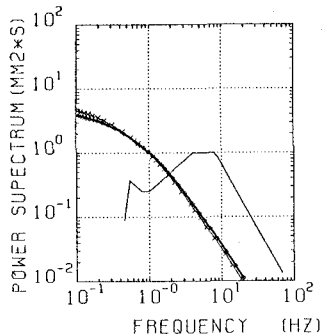


図2 ガイドウェイP.S.D.と乗心地フィルター

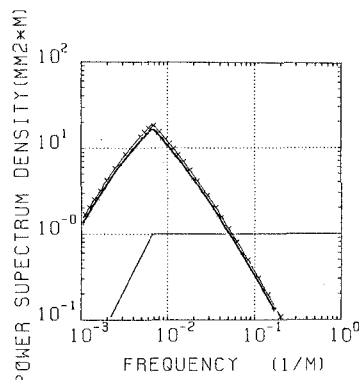


図3 検出後のガイドウェイP.S.D.

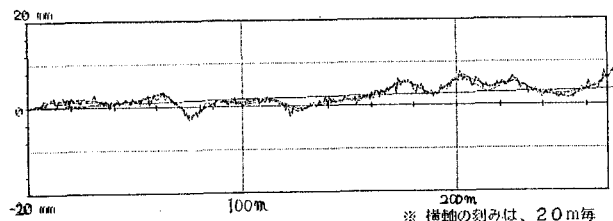


図4 予測されるガイドウェイ線形

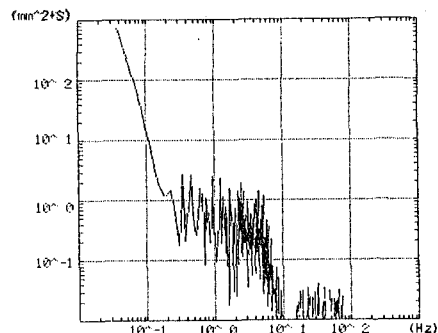


図5 予測されるガイドウェイP.S.D.