

# IV-321 振子車両導入線区における曲線通過速度向上の検討

四国旅客鉄道 正会員 長戸 正二  
鉄道総合技術研究所 正会員 内田 雅夫

## 1. はじめに

到達時分短縮のため、既存の振子車両導入線区においても、さらなる曲線通過速度の向上が望まれている。そこで、JR四国予讃線における半径400mの現行速度100km/hを120km/h(Cd=197mm)に向上することを目標とした場合の曲線諸元と乗り心地の関係からみた条件、ならびに緩和曲線部における走行安全性からみた条件について検討した。

## 2. 左右定常加速度、ジャーク、ロール角速度の算出方法

円曲線部における左右定常加速度、緩和曲線部におけるジャーク及びロール角速度は次式により算出する。なお、ジャーク及びロール角速度は、車体傾斜、カントで減及び曲率で減に合致させるものとする。

$$\bar{a}_h = \frac{V^2}{R \cdot g} - \frac{C}{G} - \Phi \quad \dots(1) \quad \Delta \bar{a}_h = \frac{\bar{a}_h}{T} \quad \dots(2) \quad \Delta \phi = \frac{(C/G + \Phi)}{T} \quad \dots(3)$$

ここで、 $V$ :列車速度  $C$ :カント  $R$ :曲線半径  $L$ :緩和曲線長  $G$ :軌間  $g$ :重力の加速度  
 $\bar{a}_h$ :左右定常加速度  $\Delta \bar{a}_h$ :左右定常加速度の時間変化率(ジャーク)  $\Delta \phi$ :ロール角速度  
 $\Phi$ :車体傾斜角(有効振子角)  $T$ :緩和曲線部通過時間( $T=L/V$ )

## 3. 計算条件の整理

曲線諸元、車両諸元と乗り心地の目安値に関する計算条件を表1および2に示す。現行条件を網かけで示す。

表1 計算条件(曲線・車両諸元)

| 項目            | 条件      |
|---------------|---------|
| カント:C         | 105mm   |
| 緩和曲線長:L       | 70m     |
| 有効振子角: $\Phi$ | 5° / 7° |

表2 計算条件(乗り心地の目安値)

| 項目                       | 条件                                               |
|--------------------------|--------------------------------------------------|
| 左右定常加速度: $\bar{a}_h$     | 0.8m/s <sup>2</sup> / 1.0m/s <sup>2</sup>        |
| ジャーク: $\Delta \bar{a}_h$ | 0.35m/s <sup>2</sup> /s / 0.5m/s <sup>2</sup> /s |
| ロール角速度: $\Delta \phi$    | 3°/s / 5°/s                                      |

## 4. 計算結果及び考察

### (1) 目標速度と左右定常加速度

速度と左右定常加速度の関係を、有効振子角をパラメータとして算出した結果を図1に示す。有効振子角を7°とした場合には、目標速度において左右定常加速度は0.8m/s<sup>2</sup>以内になるが、有効振子角が5°の場合には0.8m/s<sup>2</sup>を超える。

### (2) 現行条件下における速度と有効振子角の関係

現行の有効振子角および乗り心地の目安値を満足する領域を、速度と有効振子角をパラメータにして図示したのが図2である。限界速度は左右定常加速度とロール角速度から103km/h程度となり、目標速度を大きく下回る。

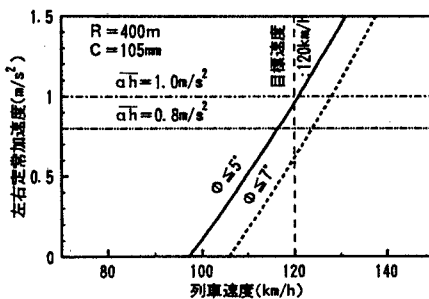


図1 列車速度と左右定常加速度の関係

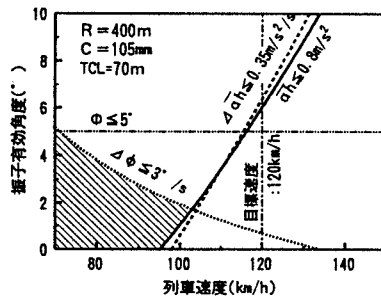


図2 現行条件下における列車速度と有効振子角の関係

### (3) 目標速度を達成するための条件の検討

線形改良や乗り心地に関する目安値の変更を個別に行っても、目標通過速度は達成できない。しかし、複

数の項目について、以下のように乗り心地に関する目安値や有効振子角の変更あるいは線形改良等により、目標速度が可能となる。

(a)線形改良（緩和曲線長延伸）を実施する場合

①  $L = 75\text{m}$  の場合

$$\overline{\alpha}_h = 0.8 \rightarrow 1.0 \text{ m/s}^2, \Delta \overline{\alpha}_h = 0.35 \rightarrow 0.5 \text{ m/s}^2/\text{s}, \Delta \phi = 3 \rightarrow 5^\circ/\text{s}$$

②  $L = 85\text{m}$  の場合

$$\Delta \overline{\alpha}_h = 0.35 \rightarrow 0.5 \text{ m/s}^2/\text{s}, \Delta \phi = 3 \rightarrow 5^\circ/\text{s}, \Phi = 5 \rightarrow 7^\circ$$

(b)線形改良（緩和曲線長延伸）を実施しない場合（図3）

①  $\overline{\alpha}_h = 0.8 \rightarrow 1.0 \text{ m/s}^2, \Delta \overline{\alpha}_h = 0.35 \rightarrow 0.5 \text{ m/s}^2/\text{s}, \Delta \phi = 3 \rightarrow 6^\circ/\text{s}$

②  $\Delta \overline{\alpha}_h = 0.35 \rightarrow 0.5 \text{ m/s}^2/\text{s}, \Delta \phi = 3 \rightarrow 6^\circ/\text{s}, \Phi = 5 \rightarrow 7^\circ$

このように、目標速度を達成するための条件については種々の組合せが考えられるが、線形改良の可否及び車両性能の見極めならびに乗り心地に関する目安値の設定を的確に行う必要がある。

## 5. 緩和曲線部での走行安全性に関する考察

緩和曲線部における輪重・横圧を文献<sup>1)</sup>に示す方法を用いて算出する。ただし、カントで減倍率に依存した構造的な平面性狂いによる外軌側の輪重減少を考慮する<sup>2)</sup>。これより、緩和曲線部における脱線係数を推定する。なお、ここで用いる車両諸元、軌道諸元を表3、4に示す。

表3 計算条件（車両諸元）

| 項目              | DC2000 | EC8000 |
|-----------------|--------|--------|
| 車両重心高さ (mm)     | 1,105  | 1,089  |
| 軸ばね上下係数 (MN/m)  | 2.8    | 1.2    |
| 車両重量(半車体分) (kN) | 206    | 200    |
| ばね上重量(半車体分)(kN) | 181    | 165    |
| 台車固定軸距長 (m)     | 2.1    | 2.25   |

表4 計算条件（車両性能および軌道状態）

| 項目                      | 条件      |
|-------------------------|---------|
| 車両転向性能: $\kappa$        | 0.20    |
| 通り狂いに対する応答性: $k_z$      | 0.00008 |
| 車体慣性力の前軸負担率: $K_H$      | 0.7     |
| 通り狂い標準偏差: $\sigma$ (mm) | 2.0     |
| 継目部の衝撃荷重: $S$ (kN)      | 0       |

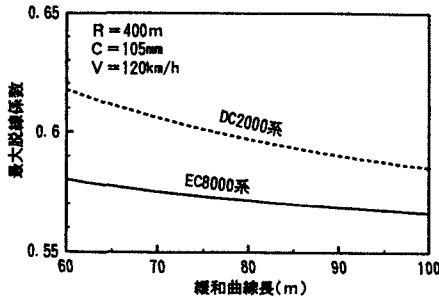


図4 緩和曲線長と脱線係数の関係

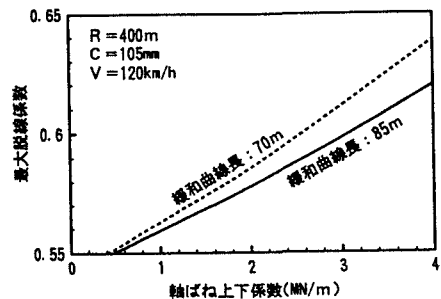


図5 軸ばね上下係数と脱線係数の関係

図4は、緩和曲線長をパラメータとして、緩和曲線部における脱線係数の最大値を示したものであり、緩和曲線が長くなれば、脱線係数が小さくなる傾向がうかがえる。次に図5は、2000系気動車の車両諸元を基本に、軸ばね上下係数をパラメータとして緩和曲線部における脱線係数の最大値を示したものである。図3によると軸ばね上下係数の増加により輪重抜け割合が増加し、脱線係数が大きくなる傾向がうかがわれる。営業運転について考慮した場合、車両の保守状態によっては軸ばね上下係数が大きくなる恐れもあるため、特に脱線係数の大きくなるBCC、ECC付近での通り狂いや平面性狂いの管理に留意する必要がある。

## 【参考文献】

- 1) 内田、小倉：振子車両の急曲線通過時の横圧推定と軌道強度の検討，土木学会年次講演会，1994.9
- 2) 宮本、渡辺：線路・軌道の設計・管理，山海堂，p.415