

IV-279

振子車両の急曲線通過時の横圧推定と軌道強度の検討

鉄道総合技術研究所 正会員 内田雅夫

鉄道総合技術研究所 小倉英章

1. はじめに

在来亜幹線の到達時分短縮を目的として、軽量高性能の振子車両の投入による曲線通過速度向上が積極的に推進されているが、軸重が軽いことにより軌道の横移動に対する抵抗力が減少するため、カント不足量の増大等による輪軸横圧の増大に対する左右方向の軌道強度の検討の重要性が高まっている¹⁾。ここでは、振子車両の急曲線通過時の発生横圧を推定する方法を整理し、試算結果に基づいて車両諸元や軌道条件が左右方向の軌道強度に与える影響について考察する。

2. 曲線通過時の発生横圧の推定方法と軌道強度の評価方法

軌道強度に対する影響を検討する場合の車両走行特性値として、台車前軸外軌側横圧 Q と輪軸横圧 ΔQ を、以下の式により推定する^{2) 3) 4)}。これらは、曲線諸元と速度に対応する定常分と、軌道狂いによる変動分の合算により、横圧の極大値を予測するものである。なお、変動分としては、左右動による車体慣性力と継目部衝撃を考慮している。

$$Q_i = \overline{Q}_i + \Delta Q \quad (1) \quad \overline{Q}_i = \kappa \cdot \overline{P}_i \quad (2)$$

$$\overline{P}_i = \frac{W_o}{2} \left\{ \left(1 + \frac{V^2}{gR} \cdot \frac{C}{G} \right) - \frac{H_g^*}{G/2} \left(\frac{V^2}{gR} - \frac{C}{G} \right) \right\} \quad (3)$$

$$\Delta Q = 2 M_o \cdot \alpha_H \cdot K_H + S \quad (4)$$

ここで、

Q_i : 内軌側横圧 P_i : 内軌側輪重 (なお、輪重・横圧の定常分は $\overline{Q}$ のように表す)
 W_o : 静的軸重 κ : 内軌側横圧/輪重比 V : 速度 R : 曲線半径 C : カント
 G : 軌間 H_g : 車両重心高さ H_g^* : 有効重心高さ ($H_g^* = 1.25 \times H_g$)
 α_H : 車体左右動(軌道面平行方向成分) ($\alpha_H = \alpha_H + \Delta \alpha_H$)
 α_H : 車体左右動(定常分) ($\alpha_H = Cd/G$) $\Delta \alpha_H$: 車体左右動(変動分)
 K_H : 車体左右方向慣性力の前軸負担率 M_o : 車両質量(1軸分)
 Cd : カント不足量 ($Cd = GV^2/gR - C$)
 σ_{α_H} : 左右動の標準偏差 ($\Delta \alpha_H = 3\sigma_{\alpha_H}$) σ_z : 通り狂いの標準偏差
 k_z : 左右動と通り狂いに関する係数 ($\sigma_{\alpha_H} = k_z \cdot \sigma_z \cdot V$)
 S : 継目部付近の衝撃荷重

なお、(4)式の継目部の衝撃荷重 S は、普通継目軌道の場合に適用することとし、図1により算定する。

左右方向の軌道強度の評価については、外軌側横圧とレール締結装置の設計横圧の比較を行うとともに、輪軸横圧 ΔQ 及び動的軸重 W を用いて「急激な通り狂い」に関する評価を、次式の道床横抵抗残力 p の正負により行う。

$$p = 0.85 \times (1 + 0.35 \times W) - \Delta Q \quad (5)$$

ここで、 $W = W_o \times (1 - i)$

$$i = 0.1 \times V/100$$

3. 計算条件の整理

曲線諸元と速度、車両諸元・性能、軌道状態に関する計算条件を表1～3に示す。計算はR400を標準とし、その場合の標準的な条件を表中に網かけで示した。

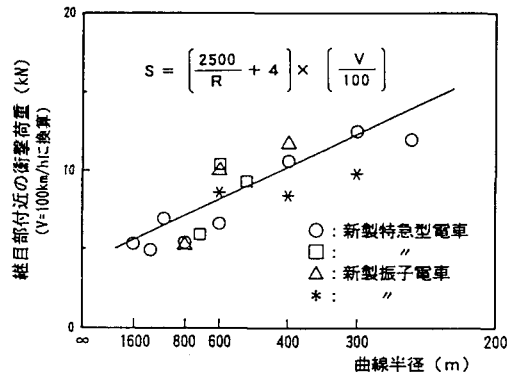


図1 継目部付近の衝撃荷重の算定

表1 計算条件（曲線諸元・速度）

曲線半径：R (m)	R300	R400	R600
速度：V (km/h)	90	105	125
カント：C (mm)	105	105	90
カント不足：Cd (mm)	122	127	129

表2 計算条件（車両諸元・性能）

軸重：W ₀ (kN)	60	80	100
車両重心高さ：H _G (m)	1.2	1.5	
曲線転向性能：κ (図2参照)	普通①	良好②	操舵③
通り狂いに対する応答性：κ _z	0.00008	0.00012	
車体慣性力の前軸負担率：K _H	0.5	0.7	0.9

表3 計算条件（車両諸元・性能）

通り狂い標準偏差：σ _z (mm)	1.5	2.0	3.0
継目部の衝撃荷重：S (kN)	有（定尺）	無（ロング）	

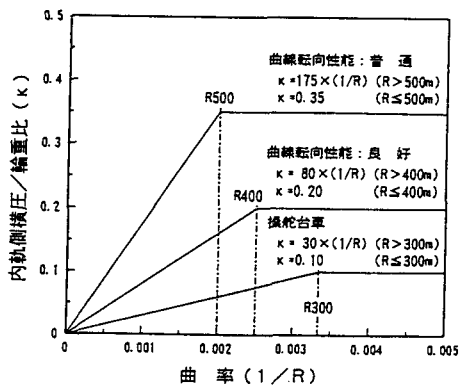


図2 内軌側横圧／輪重比の算定

4. 計算結果及び考察

横圧、道床横抵抗残力等の計算結果をもとに、車両諸元や軌道条件が左右方向の軌道強度に与える影響について考察する。

(1) 軸重の影響（図3）

曲線諸元や軌道条件が同じ場合には、軸重軽減が横圧低減に大きく寄与する。しかし、高速になるほど軸重による道床横抵抗残力の差は小さくなり、通り狂い進みに対して車両の軽量化が必ずしも効果があるとは言いきれない。

(2) 曲線半径の影響（図4）

同じ通過速度であれば曲率が大きいほど車体慣性力も大きくなるため、慣性力を主体とした横圧は大きくなるが、目標速度はカント不足に対応して設定されているため、結果的には各々の目標速度に対する横圧は同程度となる。

(3) 軌道状態の影響

軌道状態が悪くなれば、横圧が大きくなる傾向が窺える。ただし、今回の横圧推定モデルでは継目衝撃の影響が大きく現れ、定尺区間の横圧変動分が極めて大きくなる（図5）。

(4) 車体左右方向慣性力の前軸負担率の影響（図6）

車体左右慣性力による前軸負担割合の影響度は大きい。従って、今後の現車試験では、前後軸の横圧負担率を確認することが重要となる。

【参考文献】

- 1) 内田他：曲線部の軌道構造の決定手法に関する一考察，土木学会年次講演会，1992.9
- 2) 内田他：曲線通過時の列車荷重の一般化に関する検討，鉄道総研報告，1992.11
- 3) 内田他：車体振動加速度を用いた曲線通過時の横圧・脱線係数等の推定，土木学会年次講演会，1993.9
- 4) 高井他：軌道狂いの標準偏差による車両動揺の推定法，土木学会年次講演会，1993.9

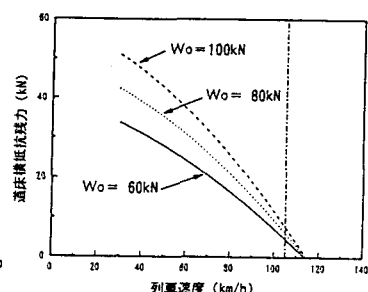
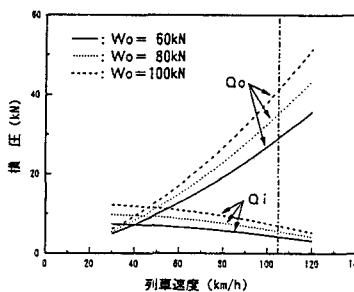


図3 軸重の影響

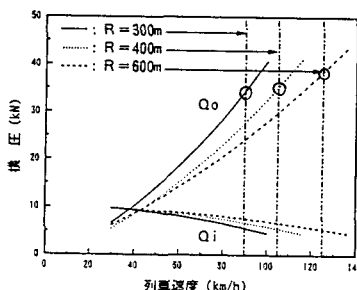


図4 曲線半径の影響

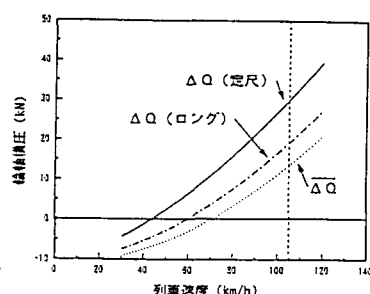


図5 継目衝撃の影響

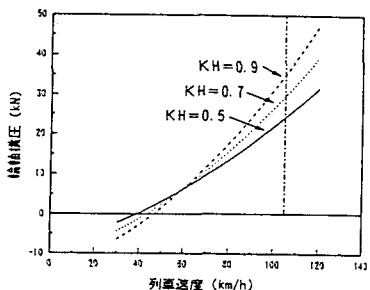


図6 前軸負担率の影響