

IV-182

車両走行特性を考慮した低ばね係数軌道の取付け部の対策

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 名村 明
 日本鉄道建設公団 小野寺 啓
 (財)鉄道総合技術研究所 正会員 三浦 重

1. はじめに

近年、環境対策を考慮した軌道構造として各種低ばね係数軌道が実用化されている。しかし、軌道の支持ばね係数を大幅に低下させた場合に、一般軌道との境界部において軌道ばね係数が急変し、車両の走行安全および軌道保守に好ましくない影響を及ぼすことが考えられる。

そのため、境界部付近を車両が走行する場合に生じる輪重変動、車両動揺等の車両走行特性およびレール応力、レール圧力に関するシミュレーション解析を行った。さらに、各項目が評価値を上回る場合には緩衝区間を設定する必要がある、そのばね係数および長さを明らかにした。

2. 検討条件および評価値

検討対象軌道の諸元を表1に示す。また、検討対象車両は485系の電動車とし（381および221系についても検討を行ったが著しい差は認められなかった）、列車速度は160km/hとした。

評価項目および評価値は表2に示す値を用いた。この値は、軌道狂いと競合等を考慮して各限度値（目標値）の70%とした。

表1 検討対象軌道（レール種別：60kg）

分類	軌道構造種別	軌道各部のばね	1締結あたりの 総合ばね係数 (MN/m)	締結間隔 (m)
軌道Ⅰ	低弾性スラブ	軌道パッド+防振パッド	4.6	0.625
軌道Ⅱ	合成まくらぎ直結	合成まくらぎ+樹脂	9.4	0.570
軌道Ⅲ	枠型スラブ	軌道パッド	6.0	0.625

表2 評価項目および評価値

評価項目	評価値
車体上下振動加速度	1.3m/s ²
輪重変動割合	0.13
レール曲げ応力	90MPa
負のレール圧力	4.3kN

3. 解析手法

3.1 境界部における軌道のパラメータの変化¹⁾

軌道構造の異なる区間の境界において軌道ばね係数は変化し、この変化は構造上は不連続なものであるが、レールによる荷重の分散効果により、車輪直下の軌道ばね係数は境界部においても一定範囲で連続的に変化する。この効果について支持ばね係数が変化する弾性床上の梁と考え、静止輪重を移動させることにより静的に解き、車輪直下のレール上下変位を求めた。

車輪直下のレール上下変位 y から、軌道ばね係数 K およびレール有効質量 M_R は以下のように表される。

$$K(x) = P / y(x) \quad \text{ここで、} P: \text{輪重、} x: \text{車輪位置}$$

$$M_R(x) = 4 \cdot \sqrt{EI_x / K(x)} \cdot M \quad \text{ここで、} EI_x: \text{レールの曲げ剛性、} M: \text{単位長さあたりのレール質量}$$

また、軌道減衰係数については、軌道ばね係数と同一の地点で変化するものとし、軌道構造別の値は現状では明らかではないので、値を変化させることにより影響を検討した。

3.2 車体上下振動加速度、輪重変動の解析

車両の上下方向の運動特性については半車体を考慮したモデルによって十分な精度が得られることが知られている。そこで、車体上下振動加速度、輪重変動の特性を解析するための車両および軌道のモデルとしては半車体モデルに車輪／レール接触ばねおよび軌道支持ばねを考慮したものをを用いた。このモデルを用い、軌道ばね係数、レール有効質量および軌道減衰係数が変化する場合の車両および軌道の応答解析を行った。

4. 車体上下振動加速度、輪重変動の解析におけるパラメータの影響

4. 1 走行方向の影響

走行方向の違いによる解析結果から、車体上下振動加速度は走行方向によりほとんど差がないが、輪重変動は軌道ばね係数の小さい側から大きい側に向かって走行する場合の方が大きいことが明らかになった。

4. 2 軌道減衰係数の影響

過去の輪軸落下試験の結果から得られた各種軌道の減衰係数が $0.05 \sim 0.15 \text{ MN} \cdot \text{s/m}$ 程度であることから、この範囲で値を変化させることによりその影響を検討した。その結果、軌道減衰係数が小さいほど輪重変動は大きくなり、軌道のばね係数の変化が大きい方がその影響が大きいことが明らかになった。

5. 解析結果に基づく緩衝区間の検討

各評価項目についての解析および判定結果を表3に示す。この表からcase II-IIIについては現状の構造で各評価項目を満足するが、case I-IIについては輪重変動および負のレール圧力の2項目が評価値を上回っている。そのため、case I-IIについては緩衝区間を設定する必要がある。

表3 解析結果（最大値）および判定

検討パターン	車体上下振動加速度		輪重変動割合		レール曲げ応力		負のレール圧力	
	m/s^2	判定		判定	MPa	判定	kN	判定
case I-II	0.203	○	1.89	×	68.3	○	7.16	×
case II-III	0.009	○	0.05	○	28.2	○	1.57	○

緩衝区間のばね係数と輪重変動との関係を図1に示す。この図から、軌道 I の後方の緩衝区間のばね係数は 12 MN/m 以下（ばね係数比2.7以下）に、軌道 II の前方の緩衝区間のばね係数は 36 MN/m 以上（ばね係数比2.6以下）にする必要があることが明らかになった。

この結果をもとに、軌道 I と II の間にばね係数が $12, 24$ および 60 MN/m （防振パッドを $15, 40 \text{ MN/m}$ および剛体に交換）の3段階の緩衝区間を設定した場合（図2）、輪重変動は評価値以下になった。

ただし、各緩衝区間長は輪重変動減衰距離（輪重変動率 ≤ 0.01 となるまでの距離）を考慮して 5 m とした。

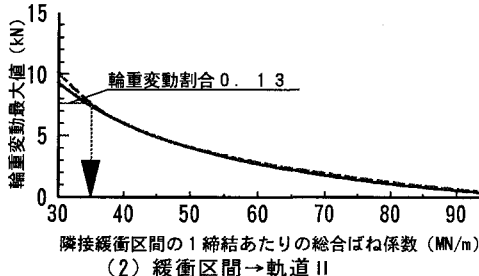
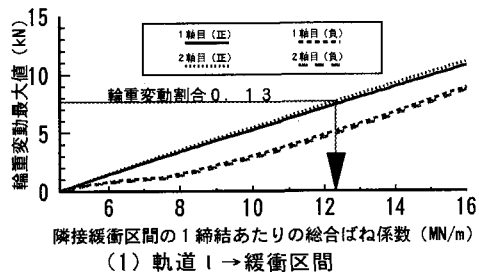


図1 輪重変動と緩衝区間のばね係数の関係

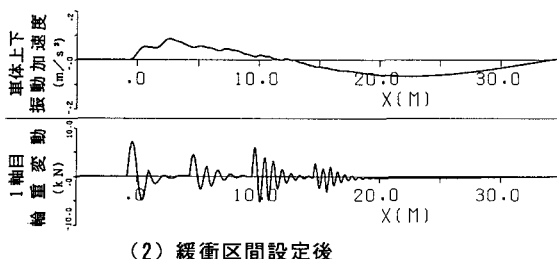
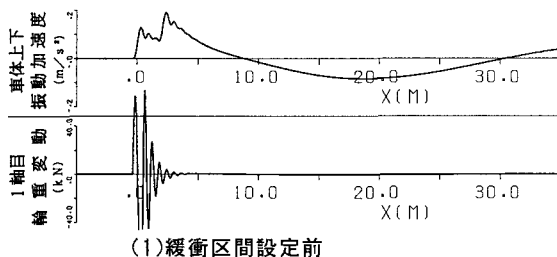


図2 車両走行特性解析結果

6. 結論

設計最高速度 160 km/h 以下の軌道の緩衝区間は、隣接する区間の1締結あたりの総合ばね係数比を2.5以下に、各緩衝区間長を 5 m 以上にするを目安にして設定すれば各評価項目は評価値以下になると推測される。

文献 1) 三浦重、古賀徹志：レール支持ばね係数急変箇所における車両走行特性、第42回土木学会年次学術講演会講演概要集第4部、1987、p.526~527