

IV-254 レール支持ばね係数急変箇所における車両走行特性

鉄道総合技術研究所 正会員 三浦 重
九州旅客鉄道株式会社 正会員 古賀徹志

1. まえがき

鉄道における防振・防音対策の一つとして軌道の支持ばね係数の低減が有効であるとされており、各種の具体策が提案されている。一般に支持ばね係数が低いほど防振効果は高いと考えられるが、ばね係数を大幅に低下させた場合、材料の耐久性や構造設計上の問題を生じるほか、一般区間との境界部で軌道ばね係数が急変し、輪重変動の発生等、車両の走行特性上好ましくない影響を及ぼすことが懸念される。

そこでこの報告では新幹線の無道床橋梁対策として実際に提案された低ばね係数橋まくらぎパッド（1レール締結装置あたり5.5MN/m）の場合を例として、ばね係数急変箇所の車両走行特性についてシミュレーション解析を行った結果について報告する。

2 解析方法

2.1 軌道ばね係数と軌道減衰係数

軌道を図1に示すように途中で支持ばね係数が変化する弾性床土の梁と考える。この支持ばね係数の変化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支持ばね係数は境界部においても一定範囲で連続的に変化し、車両走行特性への影響は若干緩和される。車両の走行特性の解析に際して使用するこのばね係数は車輪直下の軌道の変形量 y と静的な輪重 P の値から P/y により求められる。この変形量 y は図1のように荷重点および支持ばね係数の変化点で軌道を三つの区間に分割し、各区間の軌道の変形を

$$EI \frac{d^4 y_i}{dx_i^4} + k_i y_i = 0$$

ただし、

EI : レールの曲げ剛性

i : 区間番号（1～3）

k_i : 区間 i におけるレール支持ばね係数

と表し、これらの連立微分方程式を解くことにより求めた。

一方軌道減衰係数については単位長さ当りの減衰係数をレール有効長の範囲で積分したものと考え、これを求めた。

上記により車輪直下の軌道ばね係数を求めた例を図2に示す。この例では低ばね係数区間のレール支持ばね係数（ k_1 ）

には上記の低ばね係数橋まくらぎパッドにおける数値（9MN/m²）

を用い、一般区間のそれ（ k_2 ）にはスラブ軌道における標準的

な数値（60MN/m²）を用いた。後述の車両走行特性の解析に際しては簡単のため、図中に示すようにこの変化を折れ線で近似した。

2.2 車両モデルと解析条件

車両モデルには既に汎用プログラムが開発されている図3に示すものを用い、軌道の支持条件の変化の影響を考慮出来るようにこれを改良した。

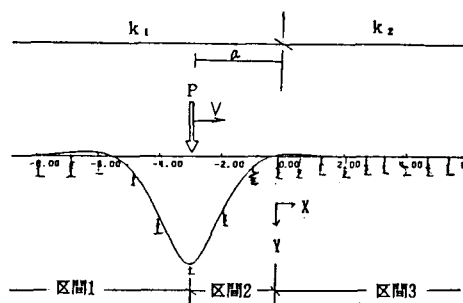


図1 軌道ばね係数の計算モデル

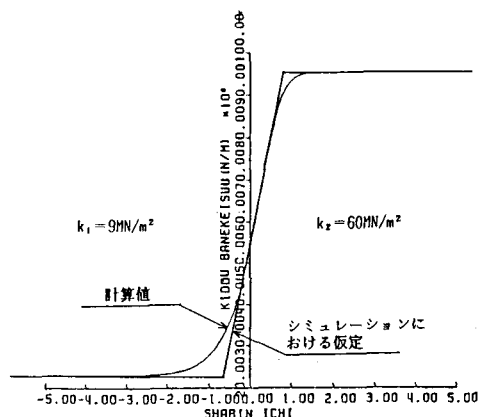


図2 軌道ばね係数の変化

解析条件は新幹線を考慮してレールは60レールとし、列車速度は210km/hとした。車両の走行方向は軌道ばね係数の低い区間から高い区間へ向かって走行する場合の方がその逆の場合より常に大きくなることから以後の解析はすべて前者について行った。

3. 解析結果

軌道ばね係数の急変部を車両が走行する際の輪重変動の解析結果の一例を図4に示す。軌道ばね係数および減衰係数の各種の値について同様の解析を行った結果、他の条件が同一の場合、輪重変動および車体振動加速度に対する軌道減衰係数の変化の影響は比較的小さかったが、軌道ばね係数の変化の影響は顕著で、図5に示すように、列車進行後方の軌道ばね係数を固定し、その前方区間のばね係数を変化させた場合には相互のばね係数の差が大きくなるに因って輪重変動は急速に大きくなる傾向が見られた。同図により明らかなように、進行後方における軌道ばね係数をスラブ軌道の標準的な値である60MN/m²とした場合、前方区間のばね係数を9MN/m²とした場合の輪重変動は50kNに達している。一方同一の条件において車体振動加速度の最大値は0.21m/s²であった。

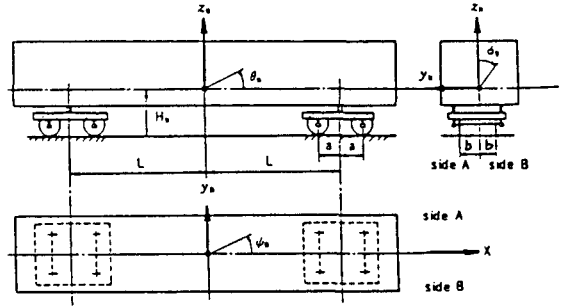


図3 車両モデル

4. 所見

本解析で対象としている場合におけるように、特定の箇所ですら発生する輪重変動および動揺については、軌道狂いの発生等に対する余裕を考慮してこれを通常の管理目標値（これを満足すれば限度に近い著大横圧が作用しても走行安全が保たれる値）¹⁾より小さい値に制限すべきであると考えられる。いまこの余裕を30%とすることとすれば、輪重変動の限度値は9.8kNとなり、図5から解析例のように軌道ばね係数が大きく変化する場合には2段階程度の緩衝区間が必要になるものと考えられる。また図4により輪重変動の減衰を検討した結果、輪重変動の重畳効果を避けるためにはこの緩衝区間の長さを5m以上確保すべきものと考えられた。また、緩衝区間を設ける場合でも、レール支持ばね係数の変更点の前後10m程度の区間ではレール頭頂面状態及び軌道狂いの管理を十分に行うことが必要であると考えられる。

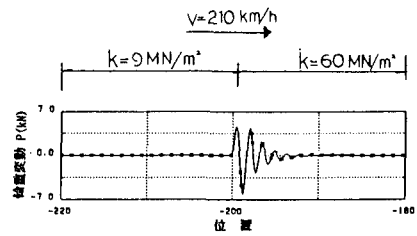


図4 輪重変動波形例

5. 結論

騒音・振動対策の見地から軌道の支持ばね係数を大幅に低下させる場合の一般区間との境界部における車両の走行特性について検討を加えた結果、ばね係数の急変が輪重変動に大きな影響を与えることが明らかとなり、これに対する緩衝区間の設定方法が明らかにされた。

文献

- 1) 佐藤吉彦・三浦 重；「走行安全および乗心地の立場からみた線路構造物の折角限度」鉄道技術研究報告 No.820 (1972)

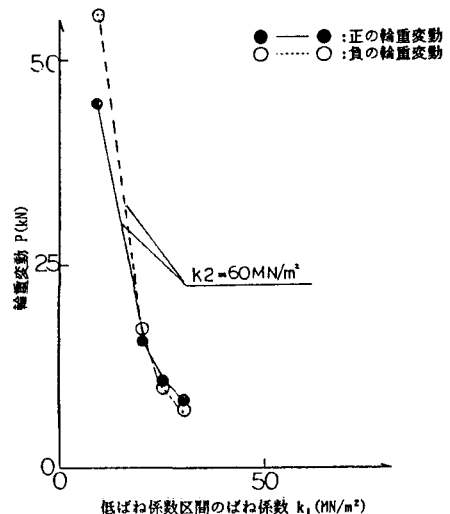


図5 輪重変動の軌道ばね係数による変形