

IV-420

弾性車輪走行シミュレーション

鉄道総合技術研究所 正会員 石田 誠

鉄道総合技術研究所 正会員 河野昭子

1. はじめに

現在、鉄道の高速化、高品質化、あるいはトータルな低コスト化を目的に様々な技術開発が進められている。そのうち弾性車輪は、軌道破壊あるいは騒音・振動を抑制することを目的に開発が進められている。本報告では、大まかに軌道保守の面から弾性車輪の軌道への影響を検討するために、差し当たり、簡単な弾性車輪モデルを用いた走行シミュレーションを行い、従来の固体車輪と比較した結果について述べる。

2. 解析モデル

本報告において用いた固体車輪と弾性車輪の車両／軌道動的応答モデルを図1に示す。図に示すように、車両モデルは、ばね下質量のみの簡単なものとし、弾性車輪は車輪のウェブとタイヤの間に弾性材が装着されている。軌道モデルは、レールをティモシェンコ梁とし、そのレールを離散支持するまくらぎと3層に分けた道床でできている。軌道モデルの詳細については、文献1および2を参照されたい。

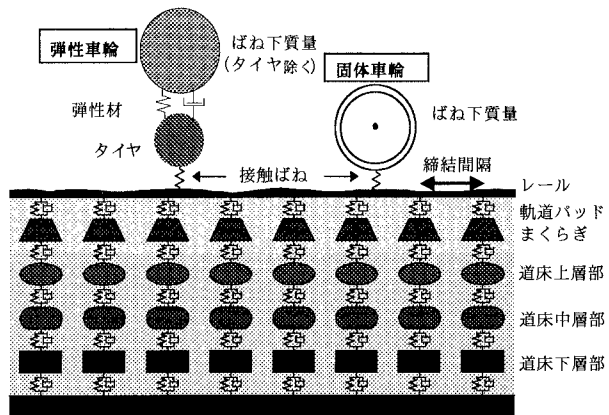


図1 車両/軌道動的応答モデル

3. 解析条件

解析に用いた車両は、静止輪重を50kNとする表1に示す固体車輪と弾性車輪を用い、その走行速度を300km/hとした。軌道は、新幹線の道床軌道（60レール、3Tcまくらぎ）とした。また、軌道への影響を検討するために設定した軌道狂い（車両走行面の凹凸）は、単独の正弦波で波長を0.03～5.0mの範囲、波高（振幅の2倍）を波長との比を1/1000とした。

表1 計算に用いた車輪の諸元

車輪	固体	弾性
タイヤ(kg)	—	140
弾性材のばね係数(kN/m)	—	6.0×10^4
弾性材の減衰係数(kN・s/m)	—	19.6
車輪およびウェブの質量(kg)	—	1360
ばね下質量(kg)	1478	1500

4. 解析結果および考察

(1) 動的輪重

図2に動的輪重を示す。図2において、ばね下質量と軌道ばねが影響する固有振動とレールの有効質量（曲げ振動に有効に作用する質量）とレール／車輪の接触ばねが影響する固有振動によって卓越する2つのピークがある。凹凸波長の短い方のピークは、明確

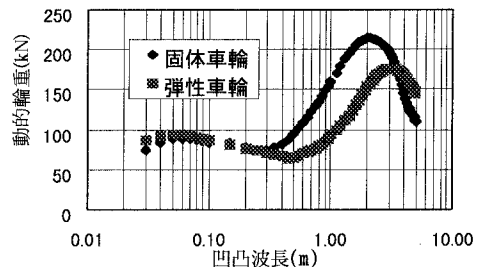


図2 動的輪重

キーワード：軌道動的応答、弾性車輪

連絡先：東京都国分寺市光町2-8-38 電話 042-573-7291 FAX 042-573-7360

ではないが、わずかに弾性車輪の方が大きい。一方凹凸波長の長い方のピークは、明らかに固体車輪の方が大きく、弾性車輪の効果が現れる。その低減効果は、軌道の支持ばね係数により多少異なるが、2割程度は期待できるものと考えられる。

(2) レール振動速度

図3にレール振動速度を示す。図より、弾性車輪と固体車輪の違いが明らかである。特に、凹凸波長で0.1～2.0mの波長域の応答において、固体車輪が漸増するのに対して弾性車輪は大きく低減している。しかしながら、凹凸波長2.0m以上において、弾性車輪は急激に増加し、ピーク値で2割程度固体車輪のものを上回っている。これは、軌道狂いを通過した直後に車輪が飛び跳ねるために生じる現象であるが、検討する必要がある。いずれにしても、レール振動速度については凹凸の波長により、固体車輪と弾性車輪の応答特性がかなり異なることが明らかとなった。

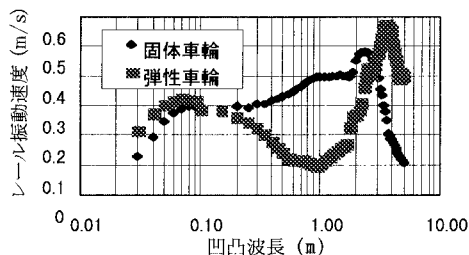


図3 レール振動速度

(3) レール曲げ応力

図4にレール曲げ応力を示す。図より、レール曲げ応力は図2の動的輪重の応答特性と非常によく似ている。ただし、凹凸波長の短い方のピークは動的輪重より明確ではない。これは、周波数の高い現象において、レールの曲げ剛性により、レールの挙動が動的輪重に十分に追従しないためである。

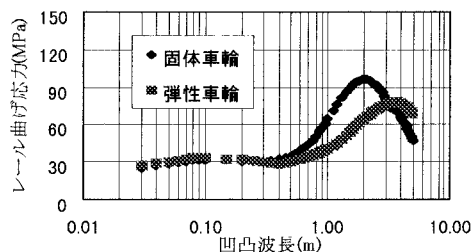


図4 レール曲げ応力

(4) まくらぎ振動加速度

図5に鉛直下向きのまくらぎ振動加速度を示す。図より、動的輪重とレール曲げ応力が同様な応答特性を示すのに対して、まくらぎ振動加速度はレール振動速度の応答特性に近い。また、まくらぎ振動加速度についてもレール振動速度同様に凹凸の波長により、固体車輪と弾性車輪の応答特性がかなり異なることが明らかとなった。

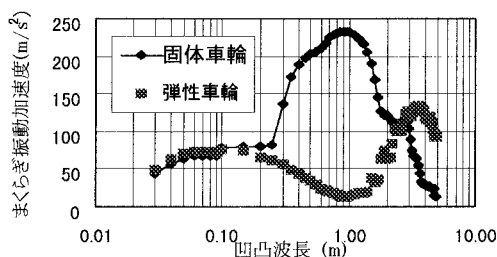


図5 まくらぎ振動加速度

5. まとめ

以上、検討結果を次にまとめる。

軌道の動的応答の外力となる動的輪重とそれを作用力とするレール曲げ応力は応答特性がよく似ており、ばね下質量と軌道ばねが影響する固有振動とレールの有効質量とレール／車輪の接触ばねが影響する固有振動によって卓越する凹凸波長の長い方と短い方の2つのピークがある。凹凸波長の長い方のピークについては、動的輪重もレール曲げ応力も固体車輪の方が大きく、その低減効果については、軌道の支持ばね係数により多少異なるが、2割程度は期待できるものと考えられる。シミュレーション結果において、レール振動速度およびまくらぎ振動加速度について、固体車輪と弾性車輪の応答特性がかなり異なる。その原因の1つと考えられる車輪が飛び跳ねる現象についてはモデルの検証も含め、さらに検討が必要である。

文 献

- 1) 三浦 重：軌道構造の動特性モデルの構築，鉄道総研報告，第9巻第12号，1995年12月
- 2) 石田 誠，三浦 重，河野昭子：軌道動的応答モデルとその解析結果，鉄道総研報告，第11巻第2号，1997年2月