

台車前・後軸挙動の違いに着目した軌道状態監視

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 石田 誠
 (公財)鉄道総合技術研究所 正会員 水野 真敏

1. はじめに

噴泥等による浮きまくらぎが軌道の支持剛性を著しく減少させる場合があるが、そのような軌道状態を軸箱振動加速度により検出あるいは監視することが考えられる¹⁾。ここでは、車両走行における主に台車ピッチングによると考えられる台車の前軸と後軸の挙動の違いに着目して、その挙動の違いにより確実に浮きまくらぎ等の軌道状態を監視できる可能性について、軌道と車両の動的応答モデルを用いたシミュレーションにより検討した結果を報告する。

2. 車両/軌道動的応答モデルと入力条件

ここで用いた車両/軌道動的応答モデルは、図1に示すレールをティモシェンコ梁とし、まくらぎ、バラスト道床を3層とする質点をばねとダンパーで結合する軌道モデルに、1台車と半車体で構成する半車体モデルを組み合わせたものである。なお、モデルの軌道延長は90mとし、その中央付近の30m程度を走行する際の応答を見ることとしている。車輪とレール間のばねは Hertz 接触ばねを用い、走行速度は現地調査箇所を念頭に 90km/h とした。また、シミュレーションに用いた各パラメータの計算諸元を表1に示す。

3. 浮きまくらぎモデル と入力条件

ここでは噴泥箇所として、路盤等のバラスト軌道の下部構造の剛性低下を想定するのではなく、図2に示すような浮きまくらぎとして、まくらぎと道床バラスト間に隙間(ここでは、実測値を参考に 7mm)を想定し、その浮きまくらぎが単独あるいは連続して1~7本の場合を設定した。

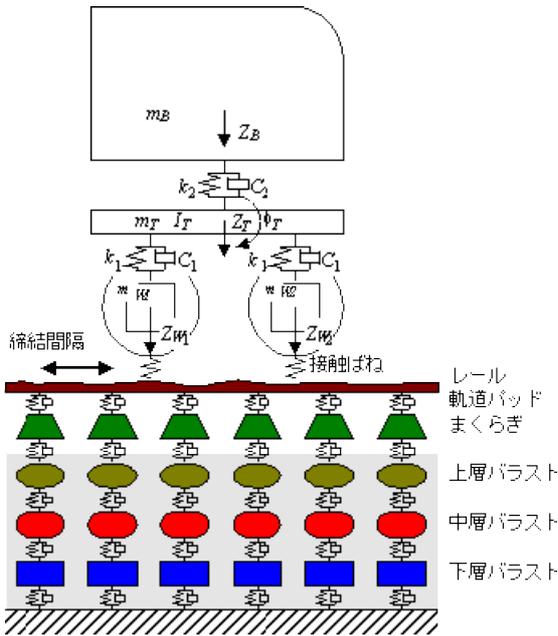


図1 車両/軌道動的応答モデル

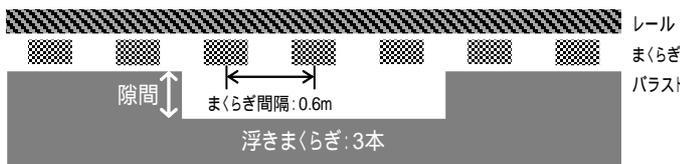


図2 連続浮きまくらぎモデル例

表1 車両/軌道動的応答モデル計算諸元(軌道片側モデル)

車	半車体質量 (kg)	6850
	まくらぎばね係数 (kN/m)	464
	まくらぎばね減衰係数 (kN・s/m)	72
	台車枠質量 (kg)	1312.5
	軸ばね係数 (kN/m)	1248
	軸ばね減衰係数 (kN・s/m)	40
両	台車枠ピッチング慣性モーメント (kgm ²)	840
	台車軸距 (m)	2.1
	輪軸質量 (kg)	665
	車輪径 (mm)	860
	静止輪重 (kN)	46.5
	軌	レール種別
レール頭頂面半径 (mm) 摩耗考慮		600
レール単位質量 (kg/m)		50.4
レール剛性 (kN・m ²)		4.05×10 ³
軌道パッドばね係数 (kN/m)		1.1×10 ⁵
軌道パッド減衰係数 (kN・s/m)		98
締結間隔 (m)		0.6
まくらぎ等価質量 (kg) 木マクラギ		30
まくらぎ支持ばね係数 (kN/m)		1.187×10 ⁶
まくらぎ支持減衰係数 (kN・s/m)		980
上層バラスト等価質量 (kg)		52.5
上層バラストばね係数 (kN/m)		0.593×10 ⁶
上層バラスト減衰係数 (kN・s/m)		980
中層バラスト等価質量 (kg)		52.5
中層バラストばね係数 (kN/m)		0.54×10 ⁶
中層バラスト減衰係数 (kN・s/m)	980	
下層バラスト等価質量 (kg)	90.3	
下層バラストばね係数 (kN/m)	1.667×10 ⁶	
下層バラスト減衰係数 (kN・s/m)	980	
路盤ばね係数 (kN/m)	5.00×10 ⁴	
路盤減衰係数 (kN・s/m)	980	

キーワード 浮きまくらぎ, 台車ピッチング, 軸差, 車両/軌道動的応答モデル, 動的輪重
 連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 鉄道力学研究部 TEL 042-573-7490

4. シミュレーション結果

図2に示す浮きまくらぎ状態を想定し、図1の動的応答モデルを用いたシミュレーションにより得られた浮きまくらぎ数と動的輪重の最大値の関係を表2に示す。表より、想定した条件内において、浮きまくらぎ数が多くなるほど前軸も後軸も全体的に動的輪重が大きくなる傾向を示すが、前後軸の最大値の差は、浮きまくらぎが5本からそれまでと比較して大きくなった。そこで、浮きまくらぎが2本と5本の場合の動的輪重の変動波形を図3に示す。図より、浮きまくらぎが2本の場合は前後軸の動的輪重の大きさは同程度であるが、浮きまくらぎが5本の場合は前後軸の応答の違いが顕著である。この浮きまくらぎが5本の場合はその範囲の延長が約3mになり、速度90km/hで走行する場合に励起される応答の振動数が、表1のモデルにおける台車枠のピッチングの固有振動数8.7Hzに相当することから、ピッチングにより前後軸の輪重差(以下、「軸差」と称す)が生じたものと考えられる。ここで、軸差とは前後軸の最大値の差ではなく、前後軸の軌道上の同位置における応答の差とする。図3の動的輪重の軸差の波形を図4に示す。図より、浮きまくらぎ2本の場合と5本の場合の軸差の違いが明らかである。そこで、動的輪重の軸差に着目して、その最大・最小値と浮きまくらぎ数との関係を表3に示す。表より、浮きまくらぎが4本以上の場合に軸差が顕著に大きくなっていることが理解できる。

5. まとめ

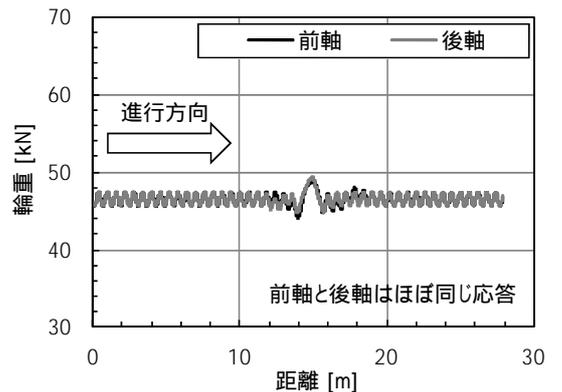
以上より、前後軸の軸箱上下加速度や台車枠の上下振動加速度を測定することで、台車枠のピッチングの固有振動を励起する浮きまくらぎが4本から6本連続するような(噴泥等により軌道支持剛性が低下した)状況を抽出できると考えられる。

参考文献

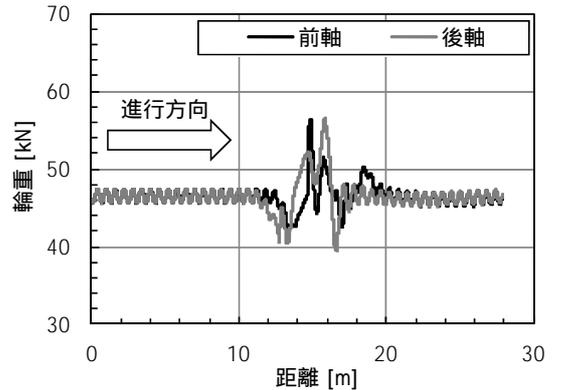
- 1) 須田正規, 芳賀昭弘: 台車前軸と後軸における軸箱加速度の違いに関する考察, 新線路, 65-6, 2011, pp. 23-25
- 2) 石田誠他: 浮きまくらぎのレール溶接部曲げ疲労に与える影響, 鉄道総研報告, 13-5, 1999, pp. 33-38

表2 浮きまくらぎ本数と動的輪重

浮きまくらぎ本数	動的輪重最大値 (kN)	
	前軸	後軸
1	48.3	48.2
2	48.8	49.3
3	49.8	50.3
4	50.2	51.4
5	56.3	56.4
6	58.5	55.5
7	57.4	52.7



(1) 浮きまくらぎ2本の場合



(2) 浮きまくらぎ5本の場合

図3 動的輪重の前・後軸の違い

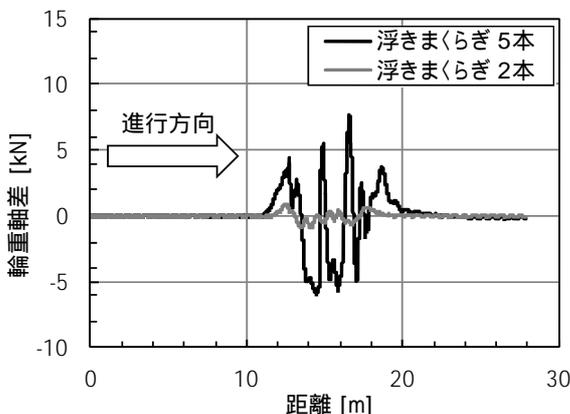


図4 輪重軸差の浮きまくらぎ数による違い

表3 浮きまくらぎ数と動的輪重軸差

浮きまくらぎ本数	動的輪重軸差の最大・最小値(kN)	
	最大	最小
1	0.39	-0.38
2	0.90	-0.96
3	1.34	-2.17
4	3.28	-4.58
5	7.66	-5.93
6	9.91	-7.94
7	7.99	-7.52