

軌道構造変化箇所における輪重変動メカニズムの検討

(財) 鉄道総合技術研究所      正会員    ○鈴木    貴洋

(財) 鉄道総合技術研究所      正会員      名村      明

(財) 鉄道総合技術研究所      正会員      石田      誠

1. はじめに

橋りょう橋台付近、踏切の前後およびスラブ軌道と有道床軌道の接続箇所等の軌道構造変化箇所は、軌道保守量が多く弱点箇所となっている。その原因として、軌道支持弾性の変化や軌道沈下を起こし難い比較的剛な構造に隣接する有道床軌道の浮きまくらぎ等により生じる輪重変動が考えられる。そこで、新幹線のスラブ軌道と有道床軌道の構造変化箇所で軌道支持弾性変化を緩やかにするために、スラブ軌道側にばね定数の小さい（以下、「低ばね」と略称）軌道パッドを敷設し、その前後で地上輪重測定を行った。また、軌道動的解析モデルを用いて軌道支持弾性変化および浮きまくらぎを考慮した輪重変動解析を行い、軌道構造変化箇所の輪重変動メカニズムを検討した。

2. 低ばね軌道パッドを敷設した軌道構造変化箇所における地上輪重測定

新幹線のスラブ軌道と有道床軌道の軌道構造変化箇所における緩衝区間の標準構造は、接続箇所に橋まくらぎ2本の直結軌道となっている（図1）。図1には各軌道部材のばね係数（公称値）とレール支持ばね係数（1締結当り）を併せて示してあり、レール支持ばね係数が緩やかに変化するように橋まくらぎ直結軌道およびスラブ軌道に低ばね軌道パッドを敷設した（表1）。地上輪重の測定箇所は新幹線高架橋上の直線区間で、軌道パッド交換前、交換後および道床つき固め後に行った。図2に速度300km/hおよび100km/hの測定結果を示す。図2(a)より、有道床軌道と橋まくらぎ直結軌道部の境界部付近で、軌道パッド交換前では大きな輪重が発生しているが、軌道パッド交換後および道床つき固めにより輪重が減少している。なお、軌道パッド交換は軌道狂い形状を変化させないように配慮して施工したが、結果的

には軌道狂い形状が変化したため、軌道パッド交換前後の輪重変化にはその影響が含まれている可能性がある。一方、図2(b)より速度100km/hの場合は300km/hに比べて軌道パッドおよび軌道高低狂い形状の変化に依らず輪重変動が小さいことがわかる。

3. 輪重変動解析モデル

図2に示す軌道動的解析モデルを用いて輪重変動解析を行う。解析モデルにおいて、車輪／レール間およびまくらぎ／道床間の作用力は引張力=0となるバイリニアばねで、その他の部材同士の作用力は線形ばねに基づいたばね・ダンパモデルで評価している。また、軌道高低狂いの影響を考慮するため、台車／ばね下質量間の作用力評価キーワード 軌道構造変化箇所、輪重変動、軌道支持弾性、浮きまくらぎ、軌道高低狂い

連絡先      〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 （財）鉄道総合技術研究所 軌道力学 TEL 042-573-7291

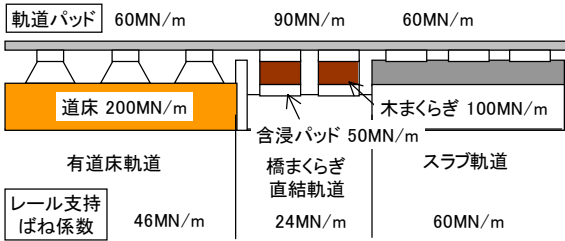
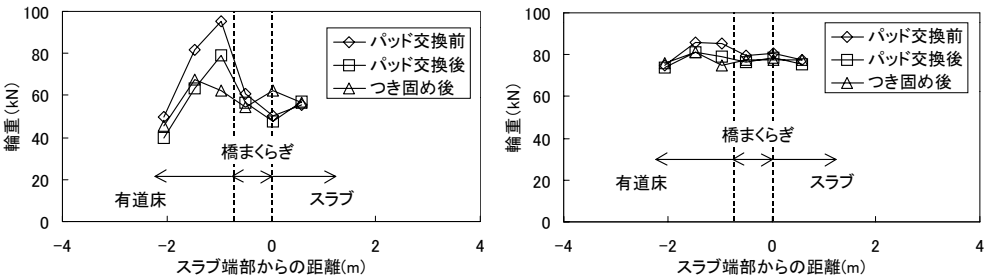


図1 軌道構造変化箇所における標準構造および軌道部材のばね係数

| 表1 測定時の軌道パッドばね定数 (MN/m) |            |            |
|-------------------------|------------|------------|
|                         | スラブ(延長10m) | 橋まくらぎ(2本分) |
| 軌道パッド交換前                | 60         | 90         |
| 軌道パッド交換後                | 30         | 60         |
| 有道床軌道つき固め後              | 30         | 60         |



(a) 速度 300km/h (b) 速度 100km/h

図2 測定された地上輪重（列車走行方向：有道床→スラブ）

式に軌道高低狂いを強制変位量として入力した。解析で用いた各軌道構造部のばね係数は図1および表1に示す通りである。また、道床沈下に起因した浮きまくらぎ状態での輪重変動を検討するため、設計標準（案）における道床沈下則を用いた図4に示すアルゴリズムを構築し、輪重変動解析を行った。列車走行方向は有道床→スラブとした。

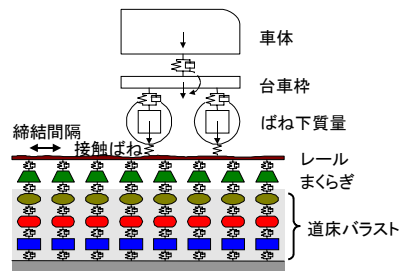


図3 軌道動的解析モデル  
(軌道片側分を対象)

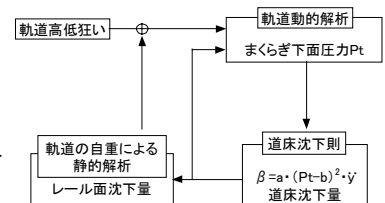
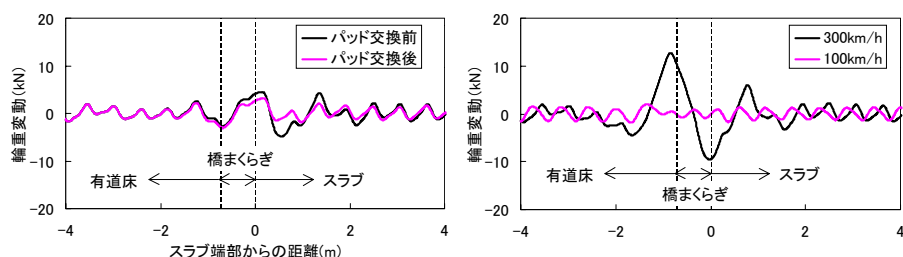


図4 道床沈下を考慮した  
軌道動的解析アルゴリズム

#### 4. 輪重変動解析結果

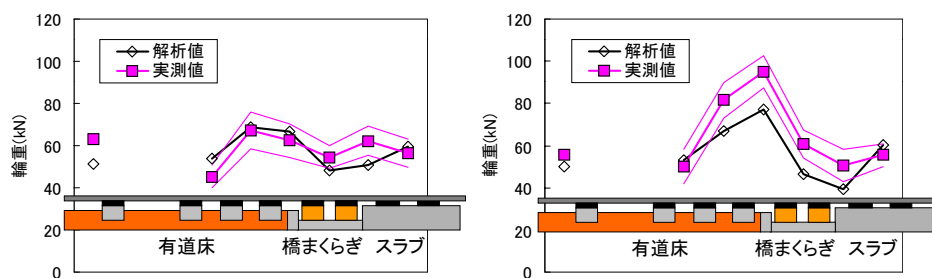
軌道支持弾性の変化のみで生じる輪重変動は小さく、低ばね軌道パッドによる輪重変動低減も僅かであった（図5(a)）。このことより、軌道部材による支持弾性の変化のみでは輪重変動が小さいために道床沈下も進みにくく、軌道保守量を増加させる主な要因とはなり得ないことが考えられる。次に、橋まくらぎ直結軌道に隣接した有道床軌道のPCまくらぎ1本が道床に完全に支持されていない状態での速度300km/hと100km/hの輪重変動は、速度300km/hでは有道床軌道と橋まくらぎ直結軌道との境界部付近で大きな輪重変動が生じ、速度100km/hでは輪重変動が生じていない（図5(b)）。これは図2に示した地上輪重と同様の傾向である。そこで、40m弦軌道高低狂いを考慮し、図4のアルゴリズムにより輪重変動を検討した（図6）。なお、図6の解析値は、(a)が道床沈下量の無い場合、(b)が図4による2000万トン通過時の浮きまくらぎ状態の場合である。また、図6の実測値は、(a)、(b)それぞれ図2(a)の「つき固め後」および「パッド交換前」の値であり、細線は標準偏差である。図6(a)から、軌道高低狂いを考慮することで輪重変動は実測値と概ね同程度となった。図6(b)から、道床沈下に伴う浮きまくらぎの影響で最大輪重値の発生箇所が変化し、実測値と同様の傾向を得ることができた。以上より、本研究で対象とした軌道構造変化箇所における輪重変動に関し、軌道部材に依存した支持弾性変化と比較して、軌道高低狂いおよび浮きまくらぎが大きな影響を及ぼすことがわかった。



(a) 軌道支持弾性の変化のみ  
(速度300km/h)

(b) 橋まくらぎ直結軌道の隣接  
PCまくらぎが浮きまくらぎ

図5 輪重変動解析結果 (列車走行方向：有道床→スラブ)



(a) 浮きまくらぎ無し

(b) 浮きまくらぎ有り

図6 地上輪重測定結果との比較 (軌道高低狂いを考慮、速度300km/h)

#### 5. おわりに

軌道構造変化箇所における輪重変動を抑制するためには、浮きまくらぎの発生要因となる道床沈下進みを抑制する対策が効果的であると考えられる。なお、本解析モデルでは40m弦軌道高低狂いのみによる輪重変動を示したが、その他の軌道狂いと輪重変動との関係からも解析モデルを別途精査していく必要がある。

最後に、低ばね軌道パッドを敷設した軌道構造変化箇所における地上輪重測定は、JR西日本のご協力の下に実施されたことを記し、ここに感謝の意を表する。