

IV-416

車両との相互作用を考慮した軌道ばね係数設定の一考察

J R 東海 正会員 三輪昌弘

J R 東海 望月秀樹

1. まえがき

軌道破壊量の低減や構造物音対策、場合によっては地盤振動の低減を目的に、軌道ばね係数の低下に関する試行や実用化が各所で行われてきている。これらに対し一定の効果が報告されているが、軌道と車両の境界問題の観点から、相互の諸条件を変化させたときに発生する現象と関係づけて考察を行っているものは少ない。換言すれば、目的に対して設定すべき具体的なばね係数は、経験や感に頼って選定されているのが実状である。本報告では、軌道パッドの交換による軌道ばね係数の変更と、車両側の条件として台車ばね下質量の変更を行って高速走行試験を実施した結果の一例として、輪重変動に着目してこの課題に関する考察を行う。

2. 試験概要

試験に使用した軌道パッドのばね係数は、現在の東海道新幹線の標準である 50MN/m、比較用として開業時の標準であった 90MN/m、および本試験用に試作した 35MN/m の 3 種類であり、比較用の 2 者はそれぞれ 200m 区間に敷設した。これらのばね係数はいずれも公称値である。車両側条件である台車ばね下質量は、可能な範囲内で最大の差をつけ 1 軸あたり 2.1t と 1.5t の 2 種類を、試験用として特別に設定した。

3. 試験結果と考察

試験結果として、50MN/m を基準とした輪重の標準偏差の比を図-1 および図-2 に、50MN/m に対する実際の値を図-3 に示す。図-1、2 の破線は、輪重変動の標準偏差が軌道ばね係数の平方根に比例すると仮定して計算した場合である。図-3 のばね下 2.1t の場合、速度 310km/h 付近で極大値が生じている。これは、レール頭頂面に残存する 1.5m 波長領域の凹凸による台車ばね下質量の加振と、軌道ばねと台車ばね下質量で構成される振動系が共振関係にあるためと考えられる。ばね下 1.5t の場合は 370km/h 付近が共振速度となるが、極大値の存在は認められない。この理由として、図-4 の共振曲線に対する減衰比 ζ の影響が考えられる。すなわち、 ζ は $\zeta = c/2\sqrt{mk}$ (c : 軌道減衰係数, m : 台車ばね下質量の片側レール分, k : 軌道ばね係数) で表されるから、 c と k を一定のまま m を小さくしたことで図-4 の共振曲線のピークを低下させ、共振速度での輪重変動の増大を抑えていることになる。これと同様の考え方により、図-1 の 90MN/m が速度 350km/h 付近で、

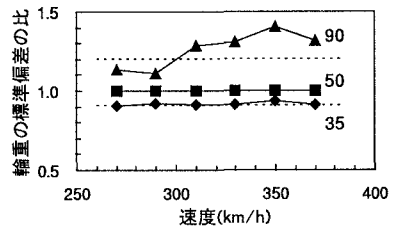


図-1 軌道ばね係数と輪重変動の関係 (台車ばね下質量 2.1t)

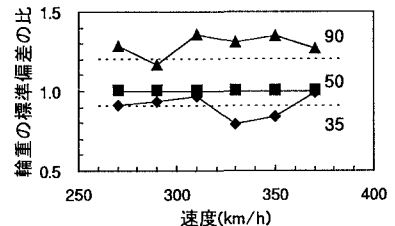


図-2 軌道ばね係数と輪重変動の関係 (台車ばね下質量 1.5t)

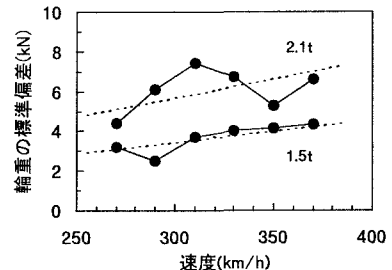


図-3 台車ばね下質量別の輪重変動

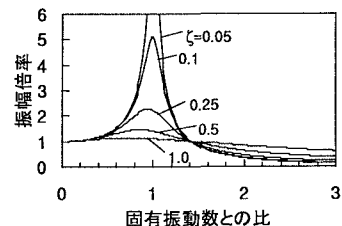


図-4 共振曲線

キーワード：軌道ばね係数、輪重変動、台車ばね下質量、相互作用

連絡先：〒103-0028 東京都中央区八重洲 1-6-6 TEL 03-3274-9569 FAX 03-3274-9570

図-2 の 35MN/m が 310km/h 付近で極大値を持つことの説明はできるが、これらのパッドの敷設区間長が必ずしも十分ではなく、また、他の要素の影響が含まれる可能性も高い。

共振による輪重変動の増大の様子を調べるため、ばね下 2.1t の輪重のパワースペクトル密度(PSD)を図-5 に示す。さらに、速度 270km/h 時の輪重の PSD と、空間周波数をこれに対応させたレール頭頂面凹凸の PSD を図-6 に併せて示す。図中の主なピークに付した記号の意味として、W は輪軸自身の回転体の振動、R はレール頭頂面凹凸、S はまくらぎピッチに起因するものであることを示している。図-5 において、 270km/h の 50Hz 付近にあるピークに着目すると、 290km/h から 310km/h へと速度が上がるにしたがい周波数がシフトし、 60Hz 付近を中心とした比較的広い帯域を有する共振のスペクトルを形成している。さらに 330km/h になると、輪軸の回転振動により 64Hz 付近で鋭いピークをもった共振を生じている。比較のため、ばね下 1.5t の輪重の PSD を図-7 に示す。この場合、速度の増加に対してスペクトルの形状はほとんど変化することなく周波数のみがシフトしていることから、共振現象が生じていないことが確認される。なお、ばね下 1.5t 輪軸の車輪径は 1.9t のそれに比べて小さく製作しているため、図-6 の 28Hz 付近および 56Hz 付近のピークに相当するものは、図-7 ではレール凹凸と輪軸回転振動の周期がほぼ完全に一致したかたちで生じている。

4. まとめ

軌道ばね係数の低下は、一般論としては輪重変動の抑制に有効であり、軌道破壊の低減にもつながる。しかしながら、台車ばね下質量との相互作用を考慮せず闇雲に軌道ばねの低下を行うと、共振速度の低下に伴い常用速度域での効果が期待できないばかりか、かえって輪重変動を増大させる最悪ケースの発生も想定される。したがって、輪重変動の原因となる起振元の特性を十分に調べ、共振速度とその周波数における減衰比の検討を行った上で軌道ばね係数を設定する必要がある。なお、本報告に類する研究として、これらが地盤振動に与える影響についても解析を進めている。これについては、別な機会に報告したい。

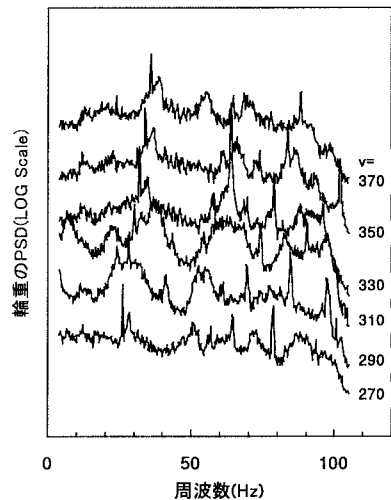


図-5 速度と輪重の PSD(台車ばね下質量 2.1t)

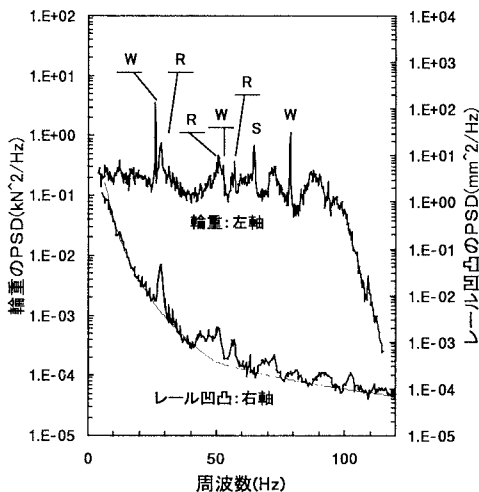


図-6 輪重変動とレール凹凸の関係(速度 270km/h)

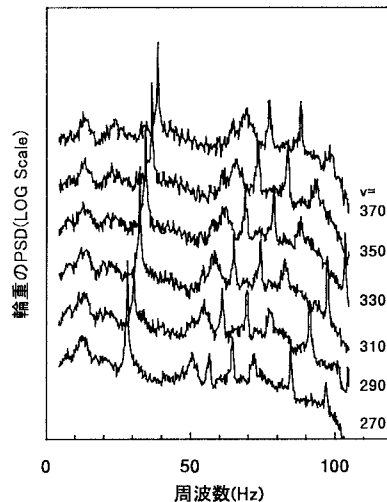


図-7 速度と輪重の PSD(台車ばね下質量 1.5t)