

IV-259

低ばね係数軌道の防振効果に関するモデル解析

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 三浦 重

1. まえがき

鉄道における振動防止策のひとつとして、軌道のばね係数を低下させることが考えらる。しかしながら、高架構造物上におけるその効果については従来必ずしも明確にされておらず、また200km/hを超える高速鉄道において軌道支持ばね係数を大幅に低下させた場合の軌道の安定性についても十分な検討がなされていない。そこで、要対策箇所における有道床弾性まくらぎあるいは低ばね係数バラストマット等の実用化を念頭に、これらを使用した場合の効果と軌道の挙動についてモデル解析を行なった。

2. 解析方法

新幹線沿線の地盤振動については、地盤等の特性によらず20Hz程度の振動が卓越するとされており¹⁾、これが車両の軸配置に基づく加振力によっていると考えられることから、特に走行荷重列の影響に着目し、列車走行に伴う荷重の高速移動に際して、軌道各部に発生する振動および道床下部から高架橋への加振力を数値計算により求めた。また、高架橋の各位置におけるこれら時間的に変化する加振力の分布から、高架橋の各柱に作用する動的加振力を求めた。

軌道の解析モデルを図1に示す。レールを除く軌道各部の質量および支持ばね等は各まくらぎ位置において離散的に存在するものとし、各部の支持ばねは図1に示すように線形ばねおよびダンパで構成されるものとした。また、高架橋は充分に剛性の高い梁とし、列車走行に伴う支点反力を求め、これによって各柱における加振力を求めた。

解析は、新幹線においてさしあたり実用可能と考えられる1レール締結装置あたりの支持ばね係数が20MN/m程度の有道床弾性まくらぎおよび低ばね係数バラストマットを使用した場合（以下両者を総称して低ばね係数軌道という）について行ない、従来の軌道との比較を行った。

3. 解析結果

3.1 軌道各部の応答 解析結果の一例を図2に示す。同図は新幹線車両が時速220km/hで走行した場合のもので、(a)は従来軌道（60レール、3T型まくらぎ、道床厚25cm、従来型バラストマット使用）における場合であり、(b)は弾性まくらぎを使用（他の条件は上記と同一）した場合のものである。図2および低ばね係数バラストマット軌道に関する同様の解析結果から、軌道の応答に

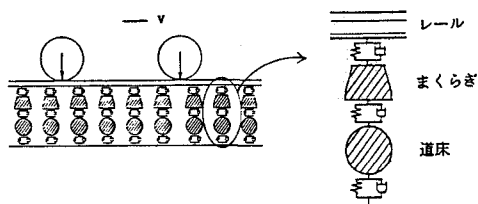
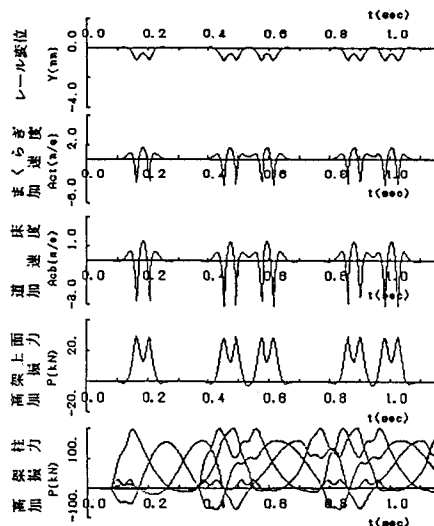
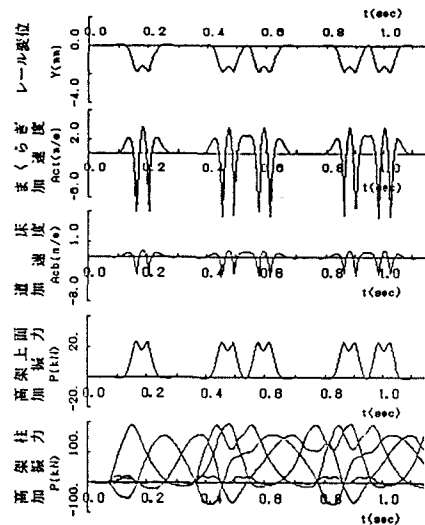


図1 軌道の解析モデル



(a) 通常軌道



(b) 低ばね係数軌道

図2 軌道各部の応答

関して以下のことが言える。

（１）低ばね係数軌道の軌道沈下量はいずれも2mm弱であり、走行に影響を及ぼす程度¹⁾ではない。（２）まくらぎ下に弾性を付与した弾性まくらぎでは、荷重列によるまくらぎ加速度が通常の軌道に比べ約2.3倍に増加するものの、道床振動加速度は逆に約40%となった。これに対し、道床下に弾性を付与した低ばね係数バラストマットではまくらぎ加速度は通常軌道と弾性まくらぎ軌道の中間となるが、道床加速度は通常軌道の2.2倍、弾性まくらぎ軌道の5.3倍となった。（３）各まくらぎの下部において、道床からバラストマットを介して高架橋上面に作用する力（加振力）について見ると、低ばね係数軌道では、従来軌道に比べ加振力の最大値が20～25%減少するとともに、同一台車の輪軸間で生ずる加振力の変動が約1/3に減少している。２種類の低ばね係数軌道のこの傾向は、前（２）項に述べた両軌道におけるまくらぎおよび道床振動加速度の相違にも拘らずほぼ同様である。（４）高架橋の各柱に対する加振力については、各柱に対する加振力のピークは相互に一定の位相差をもって発生しており、一見車輪間隔に相当する明確なピークは認められず、台車毎ないしは台車群（隣接車両の近接した２台車）毎のピークが支配的であるが、低ばね係数軌道を通常軌道と比較すると、台車内の車輪間隔に起因する荷重の変動が小さくなっている。

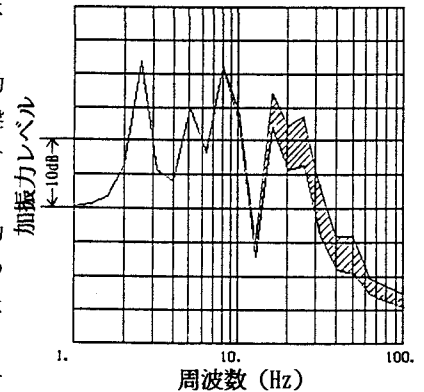
3. 2 地盤振動低減効果 前項（３）に述べた加振力の変動は車輪間隔（2.5m）と列車速度（220km/h = 61.1m/sec）の関係から約24Hzとなり、地盤振動の卓越周波数に近いことから重要な振動発生要因と考えられるので、上記の結果から低ばね係数軌道は地盤振動の低減に効果のあることが予測される。この効果をに明確にするため、これらの作用力について1/3オクターブ分析を行なった結果を示したのが図3である。この図は高架橋の各部分に作用する動的力を各周波数毎の力のレベルで示したものであり、地盤振動との直接の関係は必ずしも明確でないが、高架橋の柱における作用力は地盤に対する加振力と考えられるのでこれと密接な関係にあることは明白である。この図により弾性まくらぎ軌道と従来軌道を比較すると、高架橋上面および柱とも10Hz以下ではほとんど差が見られないが、15～30Hzを中心に弾性まくらぎ軌道における加振力の低減が見られる。この差は、高架橋上面では15～30Hzで5～8dB、30～100Hzで2～5dBとなっており、柱では15～30Hzで2～4dBとなっている。このように高架橋上面では10Hz以上で相当の差が見られるのに対し、柱における差が少なくなるのは高架スラブの梁効果により高架上面から柱に伝達される荷重が平均化され、高い周波数の荷重変動の影響が現れにくいことによると考えられる。しかしながら、地盤振動において卓越するとされる15～30Hzの周波数領域で高架橋の柱からの加振力に一定の低減効果が見られることから、弾性まくらぎの採用により、地盤振動について低減の可能性があると考えられる。

4. まとめ

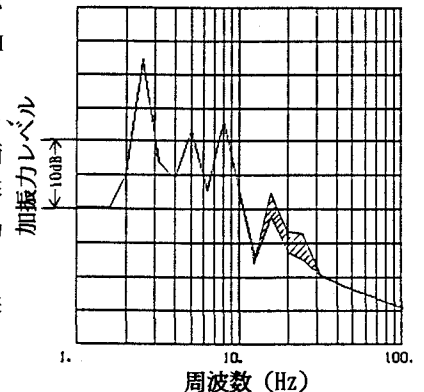
走行荷重列に着目して低ばね係数軌道の挙動と防振効果について解析した結果、軌道ばね係数の低下により、100Hz以下の低周波領域についても振動低減効果のあることが明かにされた。

文 献 1) 吉岡：“新幹線鉄道の振動について”日本建築学会環境振動分科会資料（1983）

2) 三浦・古賀：“軌道ばね係数急変箇所における車両走行特性”土木学会第42回年次学術講演会講演概要集（1987）



（a）高架橋上面



（b）高架橋柱

図3 加振力の周波数特性