

IV-59

階層モデルによる道床振動の解析

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 三 浦 重

1 はじめに

軌道の狂いの原因となる軌道の沈下には、道床振動が大きく関与するとされるところから、軌道沈下量の定量化に際しては、道床振動の解析が不可欠となる。この道床振動の解析に際しては、従来道床部分をまくらぎと一体化した質量として扱い、この支持質量が道床の振動に及ぼす影響を求めている。しかしながら、実際の道床は独立した粒子の集合体であり、道床自身も一定の弾性を有することから、特に高周波領域の振動については道床内部で振動の性状が一様でないことは容易に想像される。一方、近年道床下に敷き込むバラストマットおよびまくらぎ下に防振材を接着させた弾性まくらぎ等が実用化されており、これらが軌道破壊の低減に及ぼす効果を定量化する必要がある。以上に関し、今後の詳細な検討に用いる解析モデルを確立するため、道床部分を階層化したモデルにより、道床内の上下方向における振動の分布と道床下部の支持ばねの効果について検討を行なった。

2 解析モデル

道床振動の解析モデルを図1に示す。また、まくらぎ下部における道床の有効質量については従来の解析におけるのと同様図2に示す範囲の道床を考慮し、これを図中に示すように上下3層に分割した。また、道床の各層におけるばね係数については、同図に示す範囲の道床全体のばね係数が経験的に得られていることから、碎石の集合体としての道床のマクロな弾性率（以下等価弾性係数と称する）を計算により求め、これを用いて改めて道床各層のばね係数を算出した。上記のモデルにおいて、レール頭部に一定の加振力（この計算では10kNとした）を負荷した場合の軌道各部の振動の周波数応答を求めた。

解析に用いた軌道各部の物理定数は以下の通りである。

- ・レール質量 50.4 kg/m
- ・軌道パッドばね係数 A : 110 MN/m (通常パッド)
B : 1300 MN/m (硬質パッド)
- ・道床等価弾性係数 210 MPa
- ・道床単位質量 2200 kg/m³
- ・道床厚 25 cm
- ・路盤ばね係数（1レール締結装置あたり）
土路盤 50 MN/m
剛性路盤 ∞

路盤ばね係数については、高架橋等を想定してこれを無限大とした場合（以下剛性路盤と表示）と、標準的な土路盤を想定した数値を代入した場合（以下土路盤と表示）について、また、レール支持ばね係数については我が国で一般に使用されている

軌道パッド使用した場合と、これを10倍程度固くした場合について検討を行なった。なお、高架橋上にバラストマットを使用した場合の道床下部の支持ばね係数については、土路盤の場合とほぼ同等となる。

3 解析結果

上記による解析の結果を図3に示す。この図より明らかなように、路盤ばね係数の低い土路盤上ではいずまくらぎと道床各層のれの場合も400Hz以下の周波数領域では振動加速度がほぼ等しくなり、これらがほぼ

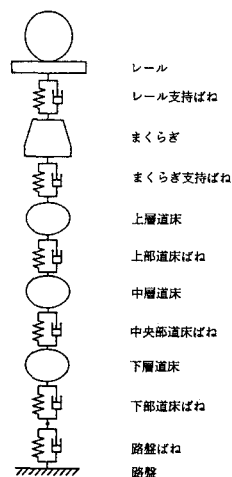


図1 解析モデル

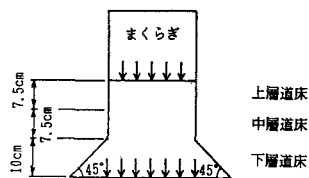


図2 道床有効質量

一体の質量として振動することを示している。これに対し、500Hz以上の周波数領域ではまくらぎはもとより、道床内部でもその部位によって振動加速度に顕著な差が生じ、レールに近い部分ほど大きな振動を生じている。また、一般に用いられている100MN/m程度の軌道パッドでは、まくらぎおよび道床の上層部の振動は50～1000Hzではほぼフラットであり、顕著なピークは認められないが、軌道パッドのばね係数が高い場合には、全般に500Hz以上の高周波領域で振動加速度が上昇し、1000Hz付近にピークを発生している。

一方、剛性路盤上においては1000Hz以下の比較的低い周波数領域で土路盤の場合と大き

な相違が見られ、200Hz付近の振動加速度が土路盤の場合より大きく上昇して顕著なピークが見られる一方、100Hz以下では土路盤の場合に比べ振動加速度の値は小さくなっている。また、低周波領域でも1000Hz以上の高周波領域におけるのと同様、道床内部の振動に部位による差が生じ、道床下部における振動加速度が小さくなっている。軌道パッドのばね係数が高い場合に高周波の振動加速度が上昇するのは土路盤の場合と同様である。

上記の軌道の振動特性に対し、軌道に対する主な加振力としては、以下のものがある。

- ① 車両の軸配置に基づく繰返し荷重（数～20Hz程度）
- ② 車両のばね下質量の振動に基づく輪重変動（数10Hz程度）
- ③ レール継目及びタイヤフラット等による衝撃荷重（200～1000Hz程度）

これと上記の振動特性を併せて考えると、上記①および②に関しては路盤ばね係数の影響が、また③に関しては軌道パッドの影響が支配的になるものと考えられるが、軌道の沈下ないしは軌道狂いの発生に対する道床振動の各周波数成分の寄与度などについては未知の要素もあり、定量的には今後詳細な検討が必要と考えられる。この際の解析モデルとしては、上記の解析結果から道床部分の層分けを行なった図3に示すものを基本とすべきであると考えられる。

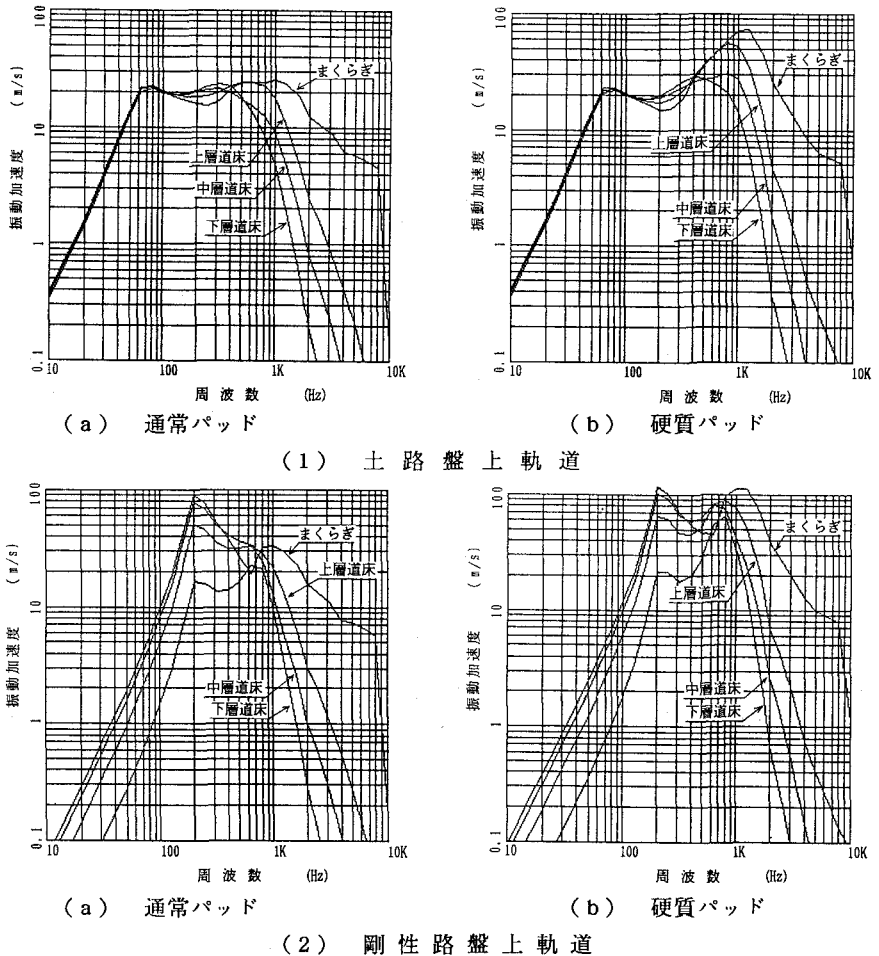


図3 軌道各部振動加速度の周波数応答（加振力一定）