

IV-271

弾直軌道の軌道ばね係数と防振性能に関する研究

J R 東海 丹間泰郎

J R 東海 三輪昌弘

1 はじめに

近年の労働力不足や労働志向の変化に対応するため、鉄道各社では軌道保守の省力化をめざした技術開発が盛んに行われている。その方法のひとつに、スラブ軌道に代表される省力化軌道構造の敷設が行われ一定の成果が得られているが、一方で騒音、振動など沿線環境に関する課題が顕在化してきた。当社もこれまでに軌道保守省力化に関する技術開発の一環として、従来のスラブ軌道を含め、大別して7種類の直結系軌道構造の実物試作を行い、種々の基本性能試験を実施した。防振性能について、単純支持桁形式や弾直形式などの力学的な構造の違い、中間質量重量化の効果、軌道支持ばね係数の影響などを試験により評価したが、ここでは弾直軌道のまくらぎ支持ばねと防振性能の関係を報告する。

2 試験概要

試験軌道の概要は表-1のとおりで、防振パッドは営団地下鉄やJ R 京葉線に使われている「防振まくら木軌道」と同等のものをを用い、同一軌道で4種類を順次交換して測定を行った。したがって防振パッド種別以外の周辺条件はまったく同一である。軌道敷設箇所の条件は、土路盤上に高架橋床版に見立てた厚さ約20cmのRC床版を直接基礎状に打設し、その上に施工した。試験方法は、輪軸落下試験、モーターカー走行試験、軌道線返衝撃試験機を用いた加振試験を行った。なお、100MN/mの硬いパッドを試験条件に含めた目的は、軌道ばね係数をスラブ軌道等の直結系軌道と同等として、弾直軌道の構造的優位性の有無を確認するためである。

3 試験結果と考察

輪軸落下試験で得られた結果の一例として、測定部位別振動加速度を図-1に示す。落下高さは30mmで、それぞれの軌道条件について数回の測定を行い、その平均値を用いた。比較軌道として掲げた「既設スラブ」は、軌道長が4mである以外は防振G型スラブ軌道と同等である。レール振動は下部の支持ばねが小さいほど大きい傾向にあるが、レールからの輻射騒音が全体騒音に及ぼす影響は小さく、無視できる程度と考えられる。中間質量の振動は弾直軌道で大きく、弾直軌道相互間ではレール振動と同様の傾向を示すが、相対的に違いは小さい。床版振動では軌道相互間の防振性能差が顕著にみられ、弾直4MN/mが最良であった。これは、先述の中間質量の振動によるエネルギー損失と防振パッドの振動絶縁作用の相乗効果によるものと考えられる。

次にモーターカー走行試験で得られた結果の一例として、10MN/mおよび30MN/mの防振パッドの場合の、測定部位別高周波振動加速度1/3オクターブ分析結果を図-2に示す。使用したモーターカーは静止軸重約140kNの2軸機関車で、走行速度30km/hの場合を示した。両者のレール振動には顕著な差異はみられない。まくらぎ振動では、前者に160Hz付近の共振点があるのに対し、後者は支持ばねが硬いため200Hz付近と少し高い。これはレールとまくらぎを質点とみなした、簡単な2自由度の振動モデルで解析した、2次モードの共振周波数に近い値である。まくらぎと床版の間で、高周波域全域にわたって著し

表-1 弾直軌道主要諸元

軌道延長	5m(8締結分)
軌間	1435mm
レール	60kg
レール締結装置	直結8K型
軌道パッド	60MN/m
まくらぎ	PC 重量3.4kN
防振パッド	4,10,30,100MN/m

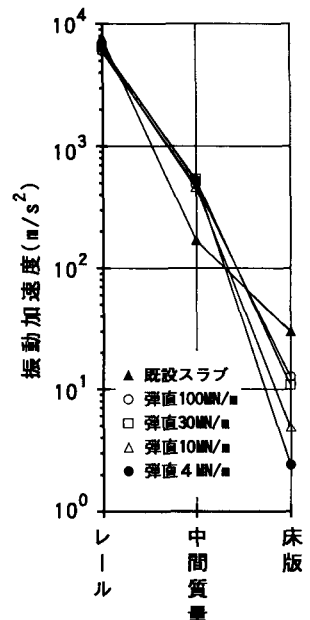
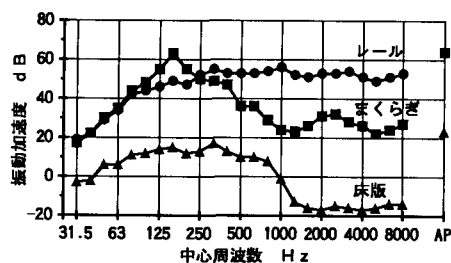
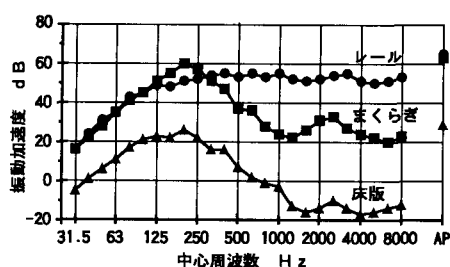


図-1 輪軸落下試験(落下高30mm)による部位別振動加速度

い防振効果が現れているが、特に10MN/mの場合、防振パッドのダンピング作用により、この共振周波数域での振動エネルギーの吸収量が大きくなっていると考えられ、床版振動に至ると30MN/mの振動加速度と比較して明らかな違いがみられる。なお図示を省略した4MN/mの場合は、床版振動のオールパス値で4dB程度の低減がみられる他は10MN/mによく似た特性を示しており、100MN/mの場合は30MN/mとよく似ている。ただし100MN/mの場合、パッドの支圧状態がまくらぎ底面の微小な不整によって全面支持していなかったと推定され、ばね係数の実効値は約30MN/mであったと考えられ、当初の目的は達成できなかった。



(a) 10MN/m防振パッド弾直軌道



(b) 30MN/m防振パッド弾直軌道

図-2 モーターカー走行試験($v=30\text{km/h}$, 軸重140kN)による部位別振動加速度1/3オクターブ分析結果(高周波)

続いて4種類の防振パッドによる床版低周波振動加速度1/3オクターブ分析結果を図-3に示す。概ね50Hz以上で軌道相互間の違いが明確になってくるほか、10Hz付近でも軌道相互間の違いが計測された。モーターカーの速度が約30km/hで、実際の使用状態に比べてかなり遅いため単純評価はできないが、軌道ばね係数の低下によって可聴周波数領域以下の地盤振動でも防振効果があることを示唆している。

軌道繰返衝撃試験機での加振試験では、共振周波数以下の条件のもと500~1600rpm(約8~27Hz)の動荷重を載荷したが、モーターカー走行試験での結果に反して弾直軌道相互間で、床版振動に明確な差異はみられなかった。

これは、モーターカー走行で与えられるこの周波数域の荷重入力、本試験方法のような連続的な疑似正弦波ではないため、過渡的な領域で両者の試験結果に相違が現れたものと思われる。すなわち、この周波数域の防振性能評価を行うには、実際の列車荷重列の移動による入力条件で測定を行うことが肝要であると考ええる。

5 まとめ

弾直構造の軌道に関して、その軌道ばね係数の違いが防振性能に与える影響を実物軌道を使った試験で測定評価した。防振パッドのばね係数は4, 10, 30, 100MN/mの4種類とし、10MN/mと30MN/mの間で軌道ばね係数の低下による効果の違いが観測された。まくらぎと床版の間で、広い周波数域の振動低減効果がみられるほか、4, 10MN/mタイプでは160Hz付近のまくらぎ上下振動2次モードの共振周波数でさらに顕著な効果が観測され、高架橋に敷設した場合には構造物騒音低減への効果が期待できる。可聴域以下の周波数においても10Hz付近で軌道ばね係数の低下による防振効果が観測されたが、速度の影響など未知な要素が含まれるため、さらに検討を要する。今後の課題として、ここで報告した弾直軌道を含め、このほかに良好な結果が得られた数種類の軌道を在来営業線に試験敷設し、実使用環境下での次のステップの測定を計画している。

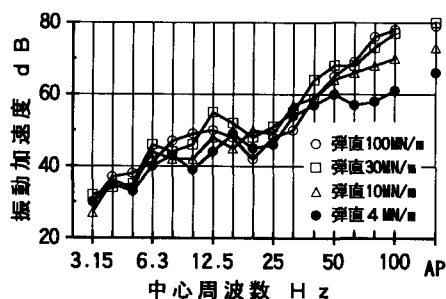


図-3 モーターカー走行試験($v=30\text{km/h}$, 軸重140kN)による床版振動加速度1/3オクターブ分析結果(低周波)