

国鉄・鉄道技術研究所 正会員 佐藤彦彦
同 小菅俊一

1. まえがき

高速鉄道においては、走行安全として軌道ならびに車両の耐久性の見地から輪重の変動を所定の範囲に保つことが必要とされる。このための設計条件としては、車両のばね下質量と軌道ばね係数が所定の範囲内で実現することが重要となるが、保守管理においては車輪のフラット管理としてレール頭頂面の凹凸の管理がそのポイントとなる。このレール頭頂面の凹凸管理においては、これを検測し限度を超える箇所を指摘し、修正する必要がある。これに関して従来は、その検測結果に基づき1m間のレール頭頂面の形状を測定し、溶接部においては+0.3mm、-0.1mm以下になるように仕上げ、営業線においては0.7mmを超える箇所について整正を行なって来た。しかし、その後の走行試験等の経験によれば、さらに短い波長の微少な凹凸の影響もあるように考えられた。そこで、このレール頭頂面の凹凸と輪重変動の関係について解析し、これを検測管理するフィルタの特性とその構成について検討した結果について報告する。

2. 輪重変動の検測モデル

輪重変動の発生に関する従来の検測結果によれば、車両のばね下質量と軌道ばねで構成される系が車輪/レール間凹凸により加振されると考えるのが適当と考えられて来た。しかし、その後の検測結果によると、このモデルにはさらにレールの有効質量と車輪/レール間の接面ばねを考え、さらに軌道ばねについては軌道パッドの特性等から荷重に対して固くなるという非線型を考慮する必要があると考えられた。そこで、このモデルを図1のように定め、この軌道ばねの特性は輪軸落下試験の結果も考慮して

$$P = \gamma \cdot y^2$$

とした。ここで、 P : 輪重(t)、 γ : ばね係数(t/cm²)、 y : レール変位(cm)を表わす。

このモデルについて検討を進めるために、まず非線型ばねのばね係数も、新幹線総合試験線(小山地区)の走行試験で標準の防振A型スラブ軌道で軌道ばね係数が静止輪重8t付近で170t/cmであったことから440t/cm²とし、ばね下質量は実測結果に対応する値として、公称質量の約63%の0.8tとした。

次に連続100mの区間について実測したレール頭頂面の凹凸を整理し、これにより上記モデルでシミュレーションを行なった。これにより求められた輪重の分散を実測値のそれと比較したのが表1である。これによれば、高速では大きくは過ぎる傾向にあるが、210~230km/hでは良く合致した。

3. レール頭頂面凹凸の検測フィルタ

以上述べた非線型モデルによる解析により、輪重変動自体についてはその特性が明らかにされるが、これを検測管理するためには、重畳原理が適用できる線型モデルによる方がよい。そこで、特に静止輪重付近に着目し、軌道ばねを線型としてその解析を進めた。

このモデルにより空間周波数に対する輪重変動と走行速度に応じて計算し図示したのが、図2である。これによれば、輪重変動は260km/hの速度の場合について見ると、10cm付

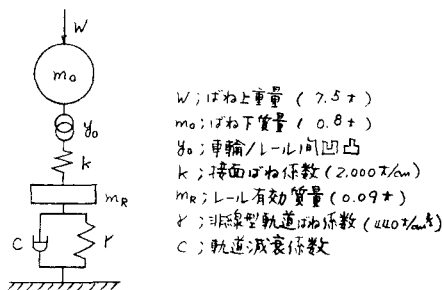


図1 輪重変動の非線型モデル

表1 輪重変動の分散

	210km/h	230km/h	250km/h	270km/h
実測値	1.48	1.72	2.04	2.12
シミュレーション	1.50	1.74	2.24	2.67

近へ波長のピークとこれより1/10程度に下った1m付近のピークがある。このような輸電変動がいずれの速度においてもこれらが一定の範囲内にあるようにするためには、この外挿線をとり、この割合でレール頭頂面の凹凸を増減するフィルタを作り検測しこれに一定の限度線を引けば良いことになる。

現段階ではほぼ下質量として軌道ばね係数に不確定要素もあるので、表.2に示す値について1m付近の平坦な部分の利得を0dBとてこの所要のフィルタの特性を計算したのが図.3である。この結果を見ると、±3dB程度の差はあるが、ほぼ一定の特性を示しているの、これを総合しさらに構成の便を考え、この検測フィルタの特性は図.4のようなものにする事とした。

このフィルタを用いて、実測されたレール頭頂面の凹凸に対してその特性値を計算したのが図.5である。

4. 検測装置の試作

以上の結果に基づき、この検測フィルタの試作も行った。この構成を示したのが図.6である。すなわち、レール頭頂面を接触走行する接触子へ小質量のうえに取付けた加速度計によりレール凹凸をピクアップし、これに上記のフィルタを掛けて検測記録するようになっている。

5. まとめ

以上の検討により、レール頭頂面の凹凸についてこれを新たな見地から検測管理する可能性が明らかにされたものと考えられる。

表.2 諸係数の条件

諸係数番号	①	②	③	④
m_0 (±)	1.1	1.1	0.8	0.8
k (t/cm)	2,000	2,000	2,000	2,000
m_R (±)	0.09	0.09	0.09	0.09
k_R (t/cm)	170	130	170	130
C (kgm/cm)	120	120	120	120

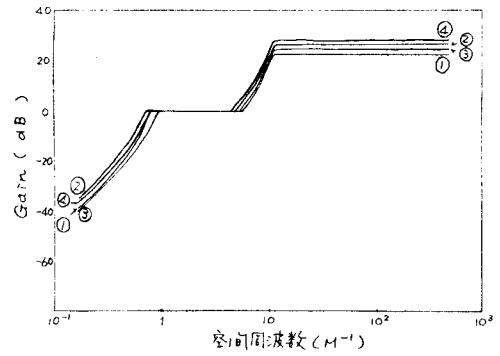


図.3 各条件に対するフィルタ形状

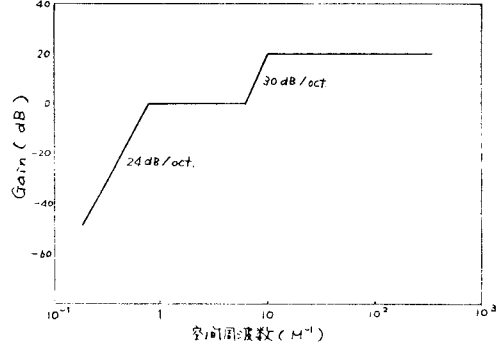


図.4 フィルタ形状

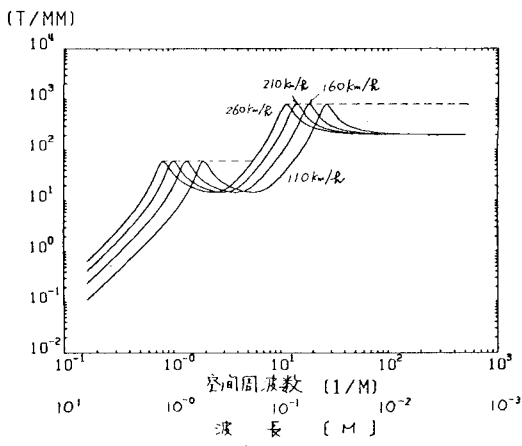


図.2 各速度における輸電変動

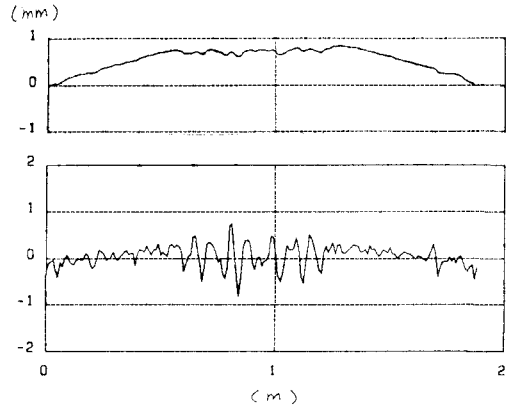


図.5 レール頭頂面形状(上)とその特性値(下)

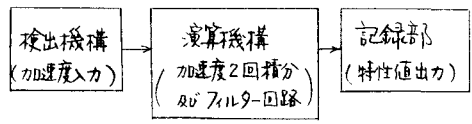


図.6 検出装置の構成