

IV-278

車体左右動と輪軸横圧の周波数応答特性に関する一考察

鉄道総合技術研究所 正会員 矢澤 英治
東日本旅客鉄道 正会員 遠見 一之
鉄道総合技術研究所 正会員 高井 秀之

1.はじめに

車体左右動と輪軸横圧（左右車輪の横圧の差）の間には相関関係が認められ、左右動と車体質量の積に補正係数を乗じる方法で、輪軸横圧の推定が可能であることは、既報告のとおりである¹⁾。しかし、従来の間欠測定法による横圧データからこの関係を求めようとする場合には、ノイズの除去が困難であること、各データの地点対応がとれない場合があることなどの問題が生じることがあった。また、車両の応答特性が影響するため、すべての波長帯域でこの推定方法が適用できるとはいえないという問題も残されている。

最近、新しい測定法の開発により、輪重・横圧についても数百Hzまでの帯域で、安定した連続データを得ることが可能になった²⁾。筆者らは、この測定法による輪重・横圧の連続データと、軌道狂い、車両動揺の各データの地点対応処理を、ある程度自動的にこなす方法を開発しつつある³⁾。本報告では、この方法によるデータのうち、車体左右動と横圧のデータを用いて両者の周波数応答を求め、補正係数による輪軸横圧の推定法が、実用上十分な精度で適用できる範囲を示した。

2.解析対象

図1は、JR東日本の高速低騒音新幹線試験電車「STAR21」の240km/h走行時に、ある曲線の入口で測定された横圧と左右動、そして通り狂いを合わせて表示したものである。外軌側横圧と左右動の波形には共通したピークが見られ、左右動と横圧の関係の一端がうかがえる。今回の解析は、この曲線の円曲線部の約2,300m（データ間隔0.28m、データ数8,192点）を対象に行なったものである。

3.輪軸横圧と左右動の関係解析

詳細な解析のために、まず輪軸横圧を求め、さらにフィルタによって左右動と輪軸横圧の周波数帯域を合わせる処理を行なった結果の一部を図2に示す。輪軸横圧には高周波成分が重なっているものの、低周波（長波長）成分は左右動の波形とほぼ一致していることがわかる。

輪軸横圧と左右動の相関関係を数値的に示すため、輪軸横圧と左右動のコヒーレンス（相関度）を計算した結果を図3に示す。波長が35m以上、周波数にして1.9Hz以下の範囲では、両者の間に非常に高い相関があることがわかる。

両者の周波数応答を計算すると図4の

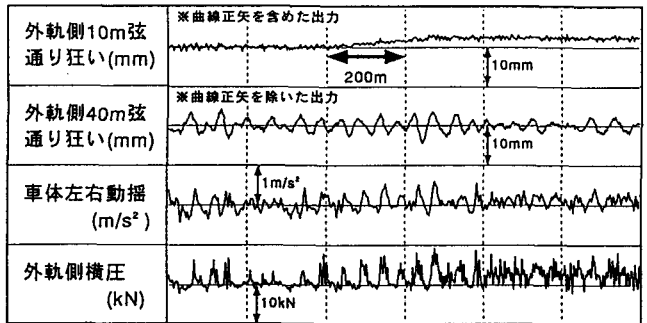


図1 測定波形例

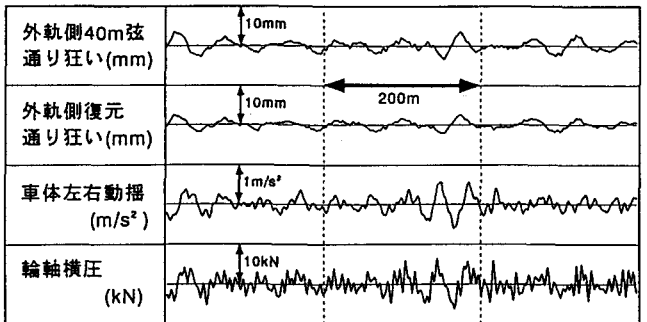


図2 左右動と輪軸横圧の波形例

関係が得られる。波長65m以上、周波数にして1.0Hz以下の成分については、応答倍率が $14\text{kN}\cdot\text{sec}^2\cdot\text{m}^{-1}$ 程度で、ほぼ一定となっていることがわかった。本解析では波長120mまでの範囲の計算を行なっているが、さらに長い波長については、曲線自体の線形による定常現象と見なすことができると思われ、両者の関係はさらに単純なものになる。

以上の結果は、左右動と車体質量の積に補正係数を乗じる輪軸横圧の推定法が、波長が65mより長い成分に限れば、実用上十分な精度を有していることを示している。ただし、この方法で推定を行なう場合、図4の位相特性を見てわかるとおり、左右動と輪軸横圧のピークの生じる点が、若干ずれるので注意が必要である。

さらに、波長35m程度まではコヒーレンスが高い範囲であるが、この範囲を含めて輪軸横圧を推定する場合には、車両の応答特性を考慮した方法を用いる必要がある。

ここで、具体的にこの車両の補正係数がどの程度かを求めてみる。文献1)では、推定式を、以下のように表現した。

$$(\text{輪軸横圧}) = (\text{半車体質量}) \times (\text{補正係数}) \times (\text{左右動})$$

前述の応答倍率は、半車体質量と補正係数の積になるため、輪重が41kN程度であることから、この車両の補正係数はおよそ0.85となる。

4. おわりに

以上のように、ある程度長い波長帯域に限れば、左右動と

輪軸横圧の各々の波形の間には密接な関係があり、簡便な横圧推定法が適用できるといえる。今回の解析対象の車両については同様な結果をいくつかの区間について得ているが、大きく速度の異なる場合や、他の車両の場合にもあてはまる一般的な現象かどうかの検討は、今後の課題である。

また、筆者らは別途、軌道狂いと車両動揺の関係を検討している⁴⁾。今回の結果が一般的なものであれば、通り狂い対左右動と同様の方法で、通り狂いと横圧の関係が得られることになる。図1の波形を見る限りでは、通り狂いと横圧も無関係ではなく、長波長については応答特性を得ることが可能と考えられる。この特性が得られれば、各データ相互の推定という形を通して、軌道の設計や管理に応用することもできる。区間や速度、車両の異なる条件でデータを収集して、この手法の適用範囲を精査したい。その中で、より波長の短い範囲の横圧推定法についても、検討を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 内田, 矢澤: 車体振動加速度を用いた曲線通過時の横圧・脱線係数等の推定方法, 土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第4部, 1993年9月
- 2) 矢澤, 石田: 軌道・車上データ同時出力システム, 日本鉄道施設協会誌, 1994年3月
- 3) 石田 他: 輪重、横圧、脱線係数連続測定装置の開発, 鉄道総研報告, 1993年8月
- 4) H.Takai, E.Yazawa: A Study of Estimate Method of Vehicle Vibrations by Track Irregularities, THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPEEDUP TECHNOLOGY FOR RAILWAY AND MAGLEV VEHICLES(STECH'93), Vol.2, 1993年11月

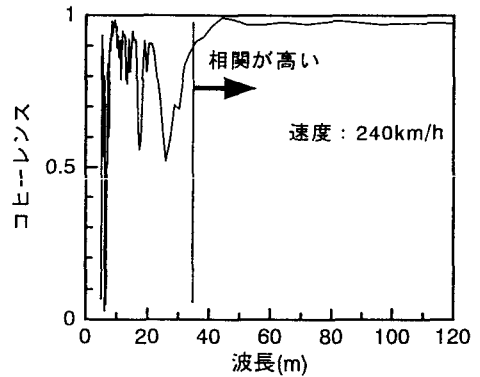


図3 左右動と輪軸横圧のコヒーレンス

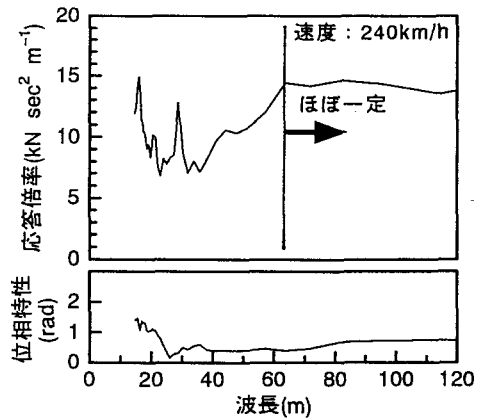


図4 左右動と輪軸横圧の周波数応答