

高速車両用腰掛の ダイナミクス解析



横山 義彦*



安井 義隆*



島宗 亮平*

新幹線高速試験電車FASTECH360Sの走行試験で、高速走行に伴う高周波振動が車内床面で発生し、それが腰掛へ伝わることで、座り心地に悪影響を及ぼす現象が発生した。そこで、この腰掛の振動特性を把握するため、高速走行試験と加振台による腰掛振動測定を実施した。その結果、走行試験において顕著である背もたれの前後方向の振動は、車輪のアンバランス加振に起因する床面振動によって、腰掛の固有振動が励起されていることがわかった。また、不快な振動が発生しない腰掛の設計手法を検討するため腰掛の力学モデルを構築し、数値シミュレーションにより腰掛振動を再現することができた。

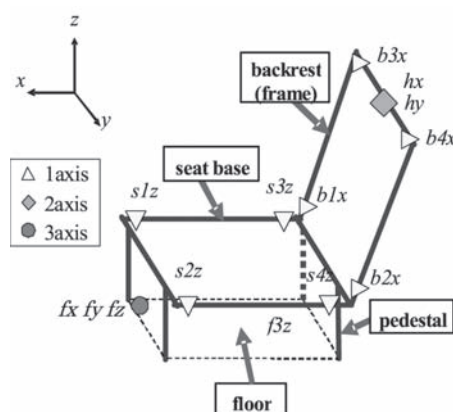
●キーワード：新幹線、腰掛、高周波振動、加振台試験、数値シミュレーション

1. はじめに

腰掛はお客さまが直接触れる一番身近な設備であり、サービスを図るうえで腰掛が果たす役割は大きい。鉄道車両の腰掛は、腰掛本来の座り心地の向上を図ることはもちろんだが、走行時の振動条件下でも快適に使用できる腰掛が求められる⁽¹⁾。新幹線高速試験電車FASTECH360Sの走行試験において、高速走行に伴う高周波振動が発生し、それが腰掛へと伝わることで、座り心地に悪影響を及ぼす現象が発生した。そこで、高速走行時でも不快な振動が発生しない腰掛の設計手法の検討を行うため、高速走行時の腰掛振動測定、加振台による腰掛振動測定および腰掛の力学モデルの構築と数値シミュレーションを実施した。

2. 高速走行時の腰掛振動測定

高速走行時の腰掛の振動特性を把握するため、FASTECH360Sの走行試験（320km/h）で、腰掛（空席）の振動加速度測定を実施した。測定点を図1に示す。測定項目のうち、床面の前後方向 f_x 、上下方向 f_z 、背もたれ上部の面外方向 h_x のパワースペクトル密度（以下、「加速度PSD」とよぶ）を図2に示す。これより背もたれの加速度PSDには7Hz、11Hz、25Hz、32Hz付近にピーク周波数があることが確認できた。なお、32Hz付近のピーク周波数は、車輪のアンバランスに起因する振動⁽²⁾である。



面の加速度 PSD は、約 $10^{-3} \text{ (m/s}^2\text{)}^2/\text{Hz}$ で一様な大きさとし、前後・左右・上下方向の3軸同時加振を行った。測定点は走行試験時と同様とした。測定項目のうち、床面の前後方向 f_x 、上下方向 f_z 、背もたれ上部の面外方向 h_x の加速度 PSD を図3に示す。これより、背もたれの加速度 PSD は 13Hz と 34Hz 付近にピーク周波数があることを確認できた。

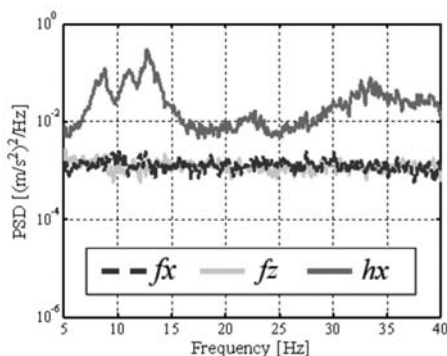


図3 加振台試験の測定結果

これらの結果から、走行試験において顕著であった 32Hz 付近の背もたれ前後振動は、車輪のアンバランス加振に伴う床面振動が入力となって、腰掛単体にみられた 34Hz 付近の固有振動が励起されていることがわかった。

4. 数値シミュレーション

4.1 腰掛の力学モデル

腰掛の振動を再現する背もたれと座面を含んだ腰掛の力学モデルを考える。背もたれは2つの剛体倒立振子とばねとダンパ、座面は剛体とばねとダンパでモデル化し、9自由度の腰掛モデルを構築した。腰掛の力学モデルを図4に示す。倒立振子と座面をつなぐヒンジ部分、さらに左右の倒立振子間には回転角に応じて復元力を発生させる回転ばね (k_{tr} , k_{tl} , k_{tr}) とダンパ (c_{tr} , c_{tl} , c_{tr}) を、座面と床の間には上下方向に4つ (k_{z1} , k_{z2} , k_{z3} , k_{z4})、(c_{z1} , c_{z2} , c_{z3} , c_{z4})、前後方向に2つのばね (k_{x1} , k_{x2}) とダンパ (c_{x1} , c_{x2}) を配置した。この腰掛モデルは、床面の前後、上下加速度を入力として、背もたれの面外方向の加速度および座面の前後、上下、ピッチ、ロール、ヨー加速度を出力する。 θ_0 は背もたれのリクライニングの初期角変位、 θ_r , θ_l はリクライニング角変位である。

4.2 数値シミュレーション

これまでの振動測定で背もたれの振動には、背もたれが前後に揺れる「前後並進振動」と背もたれがねじれながら揺れる「ねじり振動」があることがわかっている。

図5は、加振台の測定結果と力学モデルを用いたシミュレーション結果について「前後並進振動」と「ねじり振動」を比較したものである。図5より、両者の加速度 PSD のピーク周波数がほぼ一致しており、この腰掛モデルは、実際の腰掛の振動を再現する妥当なモデルであるといえる。

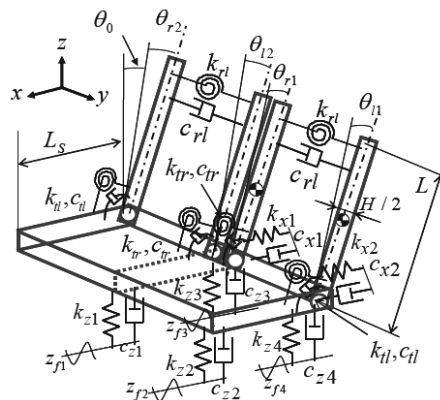


図4 腰掛の力学モデル

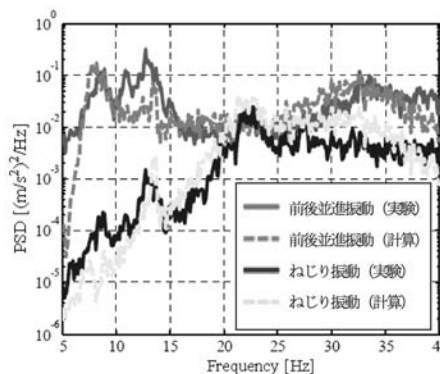


図5 加振台測定とシミュレーション結果の比較

5. おわりに

高速走行時に加振台による振動測定を行い、腰掛の振動特性を把握することができた。また、腰掛の力学モデルを構築し、その妥当性を検証した。今後は、この力学モデルを用い、不快な振動が発生しない腰掛の設計手法を検討していく。

参考文献

- 1) 白戸、中川、藤浪：振動環境における座席評価手法の研究開発、J-Rail' 96講演論文集、pp.275-278、1996。
- 2) 廣瀬、高尾、林田、田口：高速車両の高周波振動、J-Rail' 94講演論文集、pp.277-280、1994。