

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 石田 弘明

本論文は、「鉄道車両の高周波輪重変動下における脱線現象と安全性評価に関する研究」と題し、7章からなっている。

第1章は「序論」と題し、本研究の背景と目的を述べている。列車の高速化に際し、特に200km/hを越す高速域で顕在化してきた課題の一つに、レールの波状曲がりや波状摩耗に起因した高周波輪重変動がある。例えば、高速新幹線の特殊なケースとして確認された波長1～1.5mの波状摩耗では、レール頭頂面の凹凸が全振幅0.5mm以下とわずかであっても、270km/h走行時に周波数50～70Hzの激しい軸箱振動加速度が観測される。このとき、著大な輪重が発生したり輪重が極めて小さくなる場合があることは、従来の間欠的な輪重測定により把握されているものの、その値を乗り上がり脱線や跳び上がり脱線に対する安全性の面からどう評価するべきかについて、過去に検討された例がない。そこで本研究では、この高周波輪重変動を精度良く測定する方法を開発し、実現象を確認するとともに、輪重変動が脱線に及ぼす影響を明らかにして、走行安全性の観点からこれを適切に評価する手法を提案している。高速鉄道の基本的な要件である安全性・信頼性を確保し、さらなる速度向上の実現に資することが本研究の目的である。

第2章は「輪重・横圧連続測定法の検討」と題し、輪重、横圧各々について、互いに十字に直交する二つの歪ゲージブリッジ出力を用い、周期2の正弦と余弦に類似した重み付け関数を掛け合わせるにより、ブリッジ出力から輪重、横圧、前後接線力の連続値が算出できることを示している。さらに、この算出法及び感度係数に相当する重み付け関数の具体的な作成方法を明らかにし、これを利用することで、輪重を精度良く測定する手法を示している。

第3章では「輪重横圧連続測定装置の開発と高周波輪重変動の計測」と題し、まず、前章の原理を応用して、車輪周方向の荷重作用位置をエンコーダにより検出する方法、検出位置と歪ゲージブリッジ出力とのずれを補正する方法、精度の良い測定に必要なフィルタ処理の方法について調べている。また、輪重横圧連続測定値について、従来法より精度が向上した部分と、従来法と同じく測定値に含まれる誤差を定量的に分析している。この測定装置で実車走行試験での連続走行波形とブリッジ出力波形との比較により、正確な輪重、横圧、脱線係数の連続値が出力されることが確認されている。さらに、高速新幹線試験列車で輪重横圧連続測定を行い、車輪/レール間作用力の周波数分析を行った結果、300km/hの高速域で走行安全上問題視されていた高周波輪重変動は、軸箱上下振動加速度との相関

が高いこと、加振源の中に一定波長約 1.2m のものが含まれていることを示したほか、この輪重が零となる場合もあるが、その時間は極めて短いことを実車データで確認している。本研究の方法により、評価精度が向上するだけでなく、100Hz までの脱線係数が連続的に測定できることから、これらを活用した従来になり安全性評価手法を適用できる可能性を示している。

第 4 章は、「輪軸の脱線シミュレーション」と題し、車輪/レールの衝突を扱うために、上下・左右に弾性支持されたレールのモデルを導入した計算方法を示すとともに、新しく提案した接触幾何計算により、脱線にいたる輪軸の挙動を精度良く計算する手法が述べられている。

第 5 章は、「高周波輪重変動下での脱線に対する安全性評価指標の検討」と題し、高周波輪重変動下における車輪/レール間作用力や脱線係数の変化と車輪上昇量との関係をシミュレーションにより解析し、高速鉄道車両の脱線に対する安全性を評価するための指標とその基準値を提案している。

第 6 章は、「安全性評価指標の検証と実車への応用」と題し、縮尺 1/5 の模型輪軸を用いた脱線実験により、短時間の輪重減少による著大な脱線係数が観測されても車輪は上昇しないこと、脱線に至る外力条件は凹凸の有無によらず同じであることなど、シミュレーションと一致する結果が得られることを示している。

第 7 章は、「結論」と題し、本論文の結果を要約したものである。

以上のように、本論文では、高速新幹線で観測される高周波輪重変動を対象とし、これを精度良く連続的に測定する方法と、新たに測定したデータを用いて脱線に対する安全性を評価する手法を提案しており、鉄道車両工学の分野における意義は大きい。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。