

輪重減少抑制台車の基本性能確認試験

鉄道力学研究部 車両力学研究室
主任研究員 鈴木 貢

1. はじめに

車両が急曲線の緩和曲線出口部のような軌道の平面性変位の大きな箇所を走行する際には、一車両内の進行先頭軸外軌側車輪で大きな輪重減少が発生することがある。これは、当該車輪直下の軌道平面性変位が他の車輪位置に比べ大きいため、その変位に対し軸ばねが伸びることで輪重が小さくなるのが原因と考えられている。この時、車両や軌道の状態に偏りや変位があると輪重減少は更に大きなものとなり、ここに大きな横圧が作用すると車輪がレールに乗り上がり、脱線に至る危険性が生じる。

鉄道総研では、このような乗り上がり脱線を防止することを目的として、脱線防止性能を向上した台車の開発に取り組んでいる。その一環として、輪重減少を抑制することで乗り上がり脱線を防止するという観点から、軌道の平面性変位への追従性の向上により輪重減少の抑制を図る輪重減少抑制台車（図 1）を試作した。試作した輪重減少抑制台車の概要と、基本性能の確認を目的に実施した車両試験台での転走試験の結果について報告する。



図 1 輪重減少抑制台車の外観

2. 輪重減少抑制台車の概要

2.1 基本構造

軌道平面性変位の大きな箇所で発生する輪重減少を抑制するためには、平面性変位に対する追従性を向上する必要がある。輪重減少抑制台車では特殊な台車枠を用いることで、これを実現した。一般的な構造の台車枠は側ばりと横ばりが溶接により剛に接合されている。これに対し、輪重減少抑制台車では図 2 に示すように、台車枠を 2 つの側ばりと横ばりに分離した 3 ピース構造となっており、各々が回転機構を介し接合されている。この回転機構により、左右の側ばりがピッチ方向に自由に回転することで軌道の平面性変位への追従性が向上し、輪重減少が抑制される。

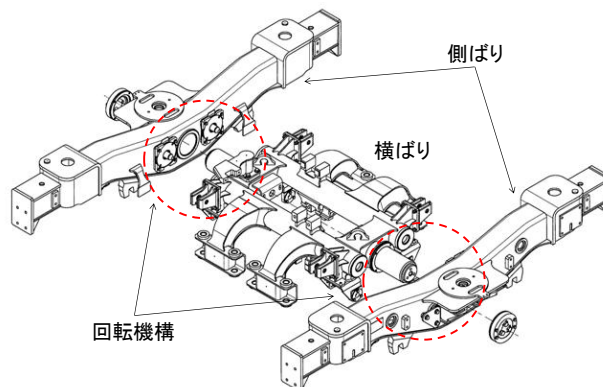


図 2 台車枠の概略図

2.2 主要諸元

輪重減少抑制台車は、台車枠および牽引装置の特殊構造を除いては、一般的な在来線用台車と同じ構造となっている。これは、側ばりと横ばりの接合部に回転機構を設けるだけで全体的な設計変更を伴わず構成が可能なためであり、これによって製作に係る費用を抑制することができる。試作した輪重減少抑制台車の主要諸元を表1に示す。目標最高速度は、一般的な在来線と同様に130km/hとし、高速安定性を確保するためヨーダンパを標準装備とした。駆動および制動時に横ばりが回転し他の台車部品と干渉するのを防止するため、牽引装置は図3に示す自立型2段リンク式の牽引装置を新たに開発し、採用している。メンテナンス時などにおいて側ばりおよび横ばりの過回転による事故を防止するため回転機構に許容回転角を設け、これは一般的な軌道平面性変位の限度値に対して十分余裕のある±2degとした。ただし、台車質量は一般的な構造の台車枠および牽引装置を用いた場合の試算結果に比べ約7%増加している。

表 1 輪重減少抑制台車の主要諸元

目標最高速度	130km/h
軌間	1067mm
軸距	2100mm
質量	5932kg
車体支持装置方式	ボルスタレス方式
軸箱支持方式	軸はり式
牽引装置	自立型2段リンク
車体だ行動抑制装置	ヨーダンパ
側ばり回転機構	複合複層軸受
側ばり最大ピッチ角	±2deg

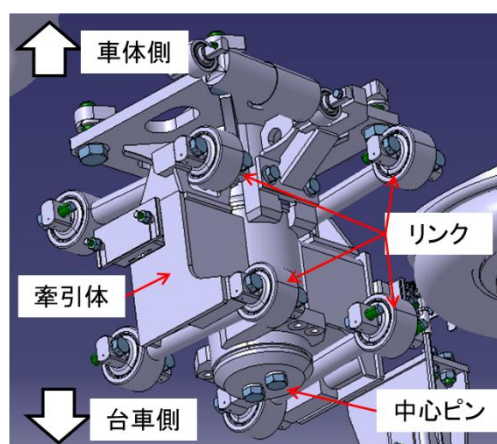


図 3 自立型リンク式牽引装置

3. 基本性能確認試験

3.1 試験概要

試作した輪重減少抑制台車の走行安定性および輪重減少の抑制効果等の基本性能を確認するため、車両試験台において転走試験を実施した(図4)。鉄道総研の所有する在来線試験車体に輪重減少抑制台車を装着して試験に供し、輪重、横圧を新連続法により、側ばり、横ばりをはじめとした台車および車体の各種変位についてはひずみ式または光学式の変位計により、それぞれ測定した。また、比較のため回転機構を機械的に抑止させることで、台車枠の側ばりと横ばりが一般的な構造の台車枠を模擬(以下、従来構造模擬台車と記す)した条件での試験も併せて実施した。ただし、この条件において回転機構を溶接のような完全抑止にするのは困難なため、厳密には一般的な構造の台車枠の状態とは異なる。

3.2 走行安定性

回転機構に隙間があると、台車枠のひし形変形を誘発し走行安定性が著しく低下することが懸念される。輪重減少抑制台車では回転機構にすべり軸受を採用しているため、公差があり、隙間を完全になくすことはできない。そこで、回転機構の存在が輪重減少抑制台車の走行安定性に与える影響を調査するため、ヨーダンパの装備本数を変えてだ行動試験を実施した。

試験の結果、図5に示すよう、ヨーダンパ装備無しの条件では、輪重減少抑制台車と従来構造模擬台車のだ行動限界速度の差はわずか10km/hであり、大きな差はなかった。このことから、回転機構の存在が走行安定性に影響を及ぼすことはないことが確認できた。また、ヨーダンパを2本装備した標準状態の場合のだ行動限界速度は300km/h以上であり、最も安定性が低下した状態であるヨーダンパを装備しない場合は220km/hであった。今回測定されただ行動限界速度は、本台車の目標最高速度130km/hに対し十分に高い速度であることから、良好な安定性を有していることが確認された。なお、測定された左右側ばり相対左右変位に目立った変位はないことから、台車枠のひし形変形が発生していないことも確認された。



図4 基本性能確認試験の様子

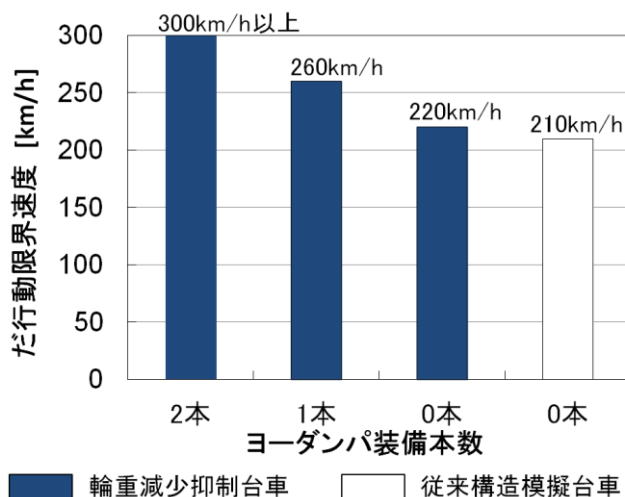


図5 だ行動限界速度

3.3 輪重減少抑制効果

輪重減少抑制台車の主要機能である輪重減少抑制効果を確認するため、極端な軌道平面性変位のある箇所の走行を模擬した試験を車両試験台にて実施した。軌条輪を速度30km/hで回転させながら、台車枠に平面的なねじりが加わるよう、台車内の前後軸を逆相でロール方向に変位させ輪重減少抑制台車の前後軸を加振し、その時の輪重減少量を調査した。

試験の結果、図6に示すように、輪重減少抑制台車の輪重減少率は、従来構造模擬台車に比べて非常に小さく、軌条輪のロール角変位11mradにおいて4割強低減されることがわかった。

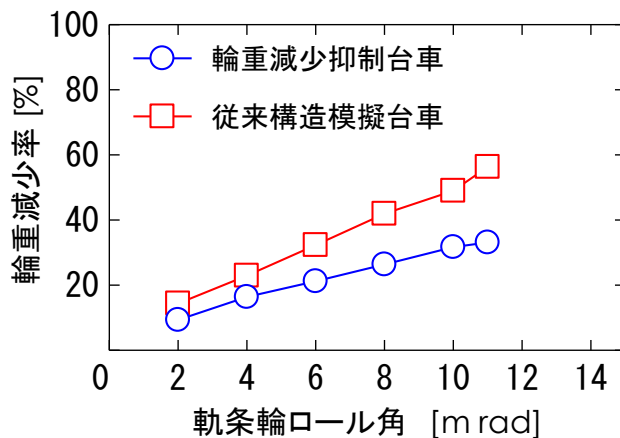


図6 輪重減少率の比較

また、図 7、図 8 に示すように、輪重減少抑制台車の輪重変動率は従来構造模擬台車に比べ小さく、逆に側ばり前端部の絶対上下変位は大きくなっており、回転機構により側ばりがピッチングすることで軌条輪のロール角変位に対する追従性が向上し、その結果として輪重変動が抑制されていることが確認できた。

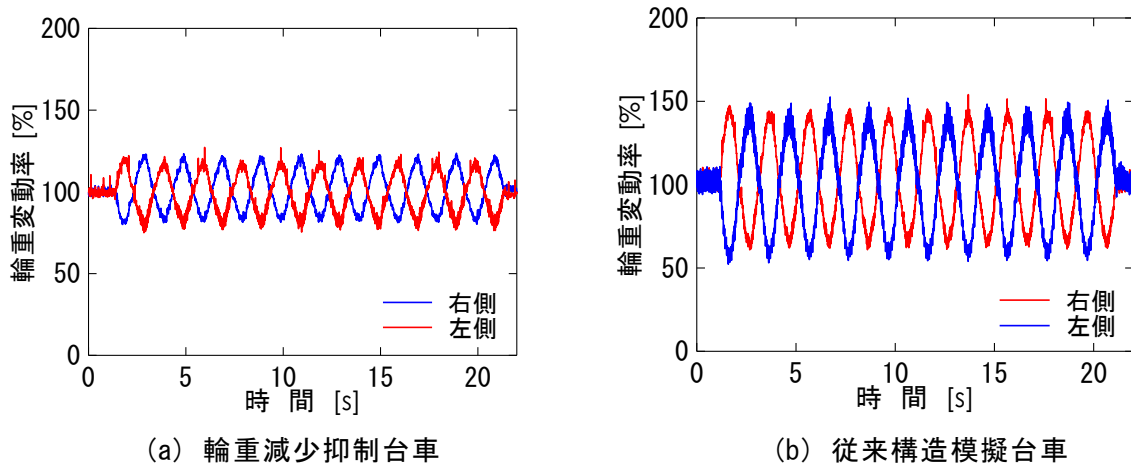


図 7 輪重変動率の比較

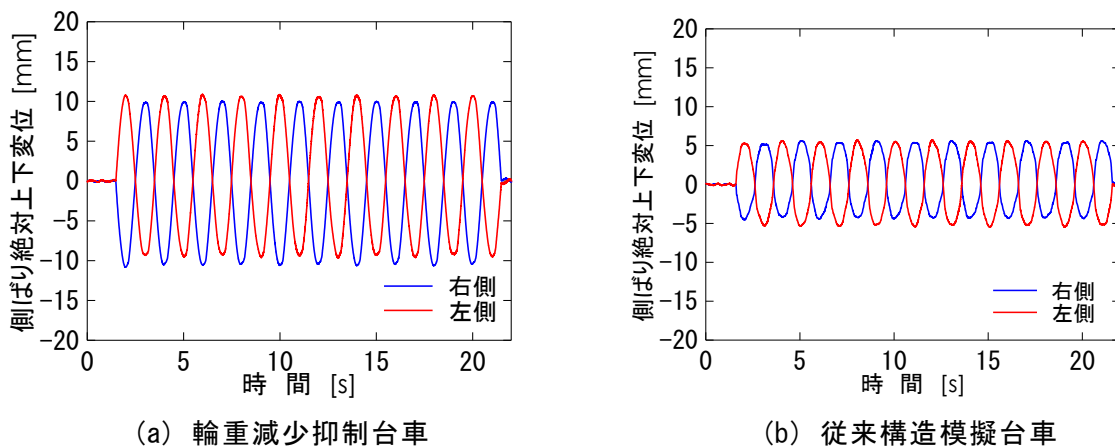


図 8 側ばり前端部絶対上下変位の比較

4. まとめ

輪重減少の抑制により乗り上がり脱線に対する安全性を向上するため、横ばりに対し側ばりを回転機構により接合した台車枠を具備した輪重減少抑制台車を試作するとともに、その基本性能を確認するため車両試験台での転走試験を実施した。その結果、回転機構の動作により軌道の平面性変位への追従性が向上し、従来構造の台車枠を模擬した条件に比べ最大で 4 割強の輪重減少抑制効果があることがわかった。また、だ行動限界速度はヨーダンパを装備していない場合でも 220km/h であり、良好な安定性能を有していることがわかった。

今後は、実軌道上での輪重減少抑制効果について調査を行うとともに、輪重減少抑制台車に輪軸アシスト操舵機構等の横圧低減策を導入することにより、輪重減少の抑制と横圧の低減の両面から乗り上がり脱線の防止を図る「脱線しにくい台車」の開発を推進する。