

# 1114 輪重減少抑制台車の機能向上に関する検討

正[機] 鈴木 貢

正[機] 本堂 貴敏

正[機] 國行 翔哉

正[機] 遠竹 隆行 (鉄道総研)

Mitsugi SUZUKI, Takatosi HONDOU, Shouya KUNIYUKI, Takayuki TOTAKE, RTRI

We had developed a new type of bogie for the purpose of preventing of the flange climb derailment by suppressing the decrease of the wheel load. The bogie can follow the twist of a track by rotating the side beams with the rotation mechanism, to control the decrement of the wheel load. We performed examination to improve the effect to control the decrement of the wheel load, by combining the bogie and some elemental technology for the carbody suspension system. This paper describes the result of the examination.

*Keywords*:: running safety, decrement of wheel load, carbody suspension system, air suspension

## 1. はじめに

鉄道車両が出口側緩和曲線部のような平面性変位の大きな箇所を低速で走行する際、軌道面と車両との間の相対的なねじれが生じる。このねじれにより、台車および車体は軌道面に対し3点支持に近い状態となることがあり、この影響で進行先頭軸外軌側の輪重が大きく減少することがある。この時、車両や軌道に偏りがあると輪重減少はさらに大きくなり、ここに大きな横圧が作用することで、車輪がレールに乗り上がり脱線にいたる場合がある。鉄道総研では、このような乗り上がり脱線を輪重減少の抑制により防止するという観点から、輪重減少を抑制可能な台車構造を有する輪重減少抑制台車(図1)を開発した<sup>1)</sup>。しかし、本台車による効果は、台車の3点支持に起因した輪重減少に対するものであり、車体の3点支持による輪重減少にはその効果が及ばない。輪重減少抑制台車と、車体の3点支持による輪重減少を抑制するための車体支持装置向けの技術方策とを組み合わせることで、さらなる走行安全性の向上が期待できる。そこで、輪重減少抑制台車による輪重抑制効果を更に有効なものとするため、車体支持装置向けの輪重減少抑制技術と輪重減少抑制台車とを組み合わせた際の輪重減少抑制効果について、走行試験を行ない調査した。本論文では、この調査結果について報告する。



図1 輪重減少抑制台車の外観

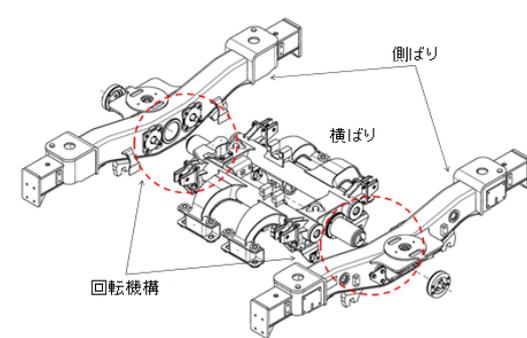


図2 回転機構を有する台車枠の概略図

## 2. 輪重減少抑制台車の概要

急曲線の出口側緩和曲線部に代表されるような、軌道平面性変位の大きな箇所が生じる輪重減少を抑制するためには、平面性の変化に対する台車の追従性を向上する必要がある。この要求に応えるため、輪重減少抑制台車では、側ばりと横ばりとの間に、回転機構を設けた特殊な台車枠(図2)を採用している。台車枠の回転機構にはすべり軸受が用いられており、この回転機構により、左右の側ばりが、横ばりに対しピッチ方向へ回転することを可能としている。この側ばりの回転運動により、軸ばねと併せ台車枠が軌道の平面性変位に追従することで、特定部位の軸ばねだけが伸びることを防ぎ、輪重減少の発生を抑制する。開発に際し実施した性能確認試験の結果、一般的な構造の台車に比べ、急曲線出口側緩和曲線部で発生する輪重減少を3~4割程度に抑制可能であることを確認した。なお、輪重減少抑制台車は、回転機構を具備した台車枠を除き、一般的なボルスタレス台車と変わらぬ構造となっている。

## 3. 調査対象とした技術方策

輪重減少抑制台車と組み合わせる車体支持装置向けの輪重減少抑制技術については、従前から用いられることのあった以下の2つのパッシブ系の技術方策を調査対象として選定した。

### 3.1 高さ調整弁空気流量の抑制

出口側緩和曲線部を低速で走行する際、車両内の空気ばね内圧が対角で大きく変化することにより、進行先頭軸の外軌側輪重が大きく減少することがある。高さ調整弁の動

作がいわば過剰となること、その要因の一つとして考えられている。高さ調整弁の空気流量を抑え、その動作をいわば緩慢とさせ、空気ばね内圧の変化を緩やかにさせることにより、このような状況で発生する輪重減少の抑制が可能と考えられる。この考えに基づき、輪重減少を抑制するため、空気流量を抑制した高さ調整弁が試験的に用いられることがある。そこで、調査対象とする車体支持装置向けの輪重減少抑制技術として、空気流量を抑制した高さ調整弁を選定した。

本調査では、高さ調整弁と空気ばねとの間にボールバルブを設置するとともに、そのバルブの開口度を変える（絞る）ことで簡単に空気流量を抑制した高さ調整弁を再現した（図3）。ただし、この方法では、空気流量を意図的に任意の量に設定することが困難であるため、予備調査を行ないボールバルブの開口度と空気流量の関係を調べた。その結果、ボールバルブの開口度 20deg の条件が、空気流量の変化を正確に把握できる最もバルブを絞った条件であることがわかった。そこで、本調査では、ボールバルブの開口度 20deg の条件について調査した。なお、ボールバルブの開口度 20deg の空気流量は、原状の 1/2 程度であった。

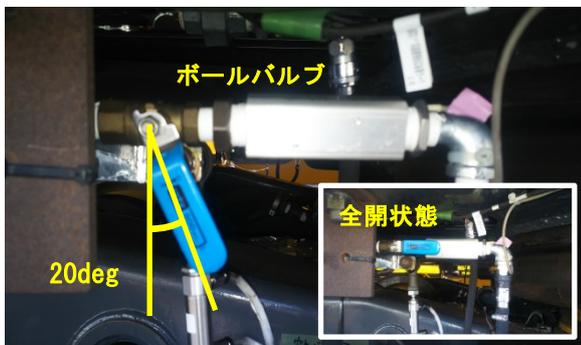


図3 空気流量を抑制した高さ調整弁の再現状況

### 3.2 空気ばね配管接続の変更

出口側緩和曲線部での空気ばね内圧の対角変化に起因した輪重減少の抑制を目的に、空気ばね間の配管を直接接続（以下、連通と記す）する技術方策が用いられることがある。この連通では、差圧弁を介さず、もしくは一般的なものより動作圧の小さい差圧弁を介し、例えば出口側緩和曲線部において内圧が増大する側と減少する側の空気ばね配管を接続する。これにより、空気ばね間で空気は円滑な移動が可能となり、内圧が均一化されることで、輪重減少が抑制される。連通は、従前より採用されており、その効果も確認されている。そこで、調査対象とする車体支持装置向けの輪重減少抑制技術として、連通を選定した。

本調査では、補助空気室より導出したフレキシブルホースを車内に敷設し、車内にて連通の条件毎にフレキシブルホースの接続を変更することで簡単に連通を再現した（図4）。なお、予備調査を行なったところ、連通条件すなわち配管を接続する空気ばねの組み合わせによっては、車体のロール剛性が確保できない、ハンチングが収まらないなど場合があることがわかった。そこで、課題が確認されたそれらの連通条件については本調査での対象から除外し、前後台車の内外軌の空気ばねを連通した前後連通と、進行前位台車の左右の空気ばねを連通した進行前位台車左右連通の2条件（図5）について調査した。なお、通常は連通した空気ばね1組に対し高さ調整装置1組を用いるが、空気ばね配管を構成する都合上、一般的な場合と同様に、空気ばね1

個につき高さ調整装置1組を用いた。また、フレキシブルホースの管径に起因した圧損の影響などについては考慮しないこととした。



(a) 補助空気室から導出したフレキシブルホース



(b) フレキシブルホースによる連通の再現  
図4 連通の再現状況



(a) 前後連通



(b) 進行前位台車左右連通

図5 調査対象とした連通方法の概念図

## 4. 試験条件

調査対象とした技術方策による輪重減少抑制効果の調査を目的に走行試験を実施した。試験条件を以下に記す。

### 4.1 試験曲線および試験列車

鉄道総研所内試験線内の半径 160m、カント 90mm、カントてい減倍率 400 倍の曲線を試験曲線（図6）とした。

試験列車の概略を図7に示す。輪重減少抑制台車を装着した在来線試験車両（付随車）と牽引車とを連結し、試験列車を編成した。なお、試験車両の牽引車側の先頭軸には、輪重、横圧を測定するための輪重横圧測定用輪軸（以下、PQ軸と記す）を装架した。また、試験では、牽引車が先頭となり試験曲線に進入する方向を試験方向として測定を行った。

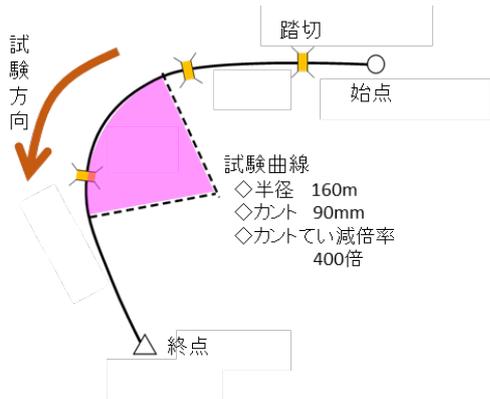


図 6 試験曲線



図 7 試験列車

#### 4.2 車両条件

試験車両に対し試験での車両条件として、以下の3種4条件を設定した。

- (1)車体支持装置変更なし（以下、標準状態と記す）
- (2)高さ調整弁空気流量変更：ボールバルブ 20deg 開口（以下、20deg 開口と記す）
- (3)空気ばね配管構成変更：空気ばね連通
  - ①前後連通（以下、前後連通と記す）
  - ②進行前車左右連通（以下、前車左右連通と記す）

#### 4.3 走行条件

試験曲線の通過速度 10、20、30km/h を試験速度とした。また、車両条件毎の走行回数は、各試験速度で 3 回とした。ただし、試験実施の都合上、前車左右連通の条件での走行回数は、各試験速度で 1 回とした。

#### 4.4 測定項目

主な測定項目を表 1 に示す。輪重、横圧等の車輪レール間作用力については新連続法により測定した。走行速度については PQ 処理装置から出力される走行速度を代表速度として測定した。なお、表中の左右については試験方向走行時の方向を示すもので、試験曲線部において左側が内軌側、右側が外軌側に相当する。

表 1 主な測定項目

1	左側 連続輪重	7	右側 連続横圧
2	左側 連続横圧	8	右側 脱線係数
3	左側 脱線係数	9	右側 前後接線力
4	左側 前後接線力	10	右側 軸箱上下振動加速度
5	左側 軸箱上下振動加速度	11	車体ヨ一角速度
6	右側 連続輪重	12	走行速度

#### 4.6 その他

測定データの整理に当たっては、試験曲線の出口側緩和曲線部をデータ整理区間とし、区間内で測定した輪重減少率の最大値とその時の走行速度との関係を整理した。この際、緩やかに変動する成分に注目するため、輪重には遮断周波数 5Hz のローパスフィルタ処理を施した。

また、試験実施の都合上、比較対象としての一般的な構造の台車による試験は実施していない。このため各技術方針による輪重減少抑制効果については、標準状態を比較対象とした。

#### 5. 試験結果

試験結果として、車両条件毎の輪重減少抑制効果について以下に記す。なお、輪重減少率の最大値は、車両条件や走行速度に関わらず、ほぼ全ての場合でデータ整理区間内のレール継ぎ目付近で発生していた。

##### 5.1 標準状態

輪重減少率の最大値と走行速度との関係を図 8 に示す。輪重減少率の最大値は、速度 10km/h の条件で 56%前後、速度 20km/h の条件で 47%前後、速度 30km/h 条件で 42%前後であり、走行速度の上昇とともに減少傾向が見られた。このうち、輪重減少率の最大値が最も大きかったのは、走行速度 10km/h の条件で 56.8%であった。

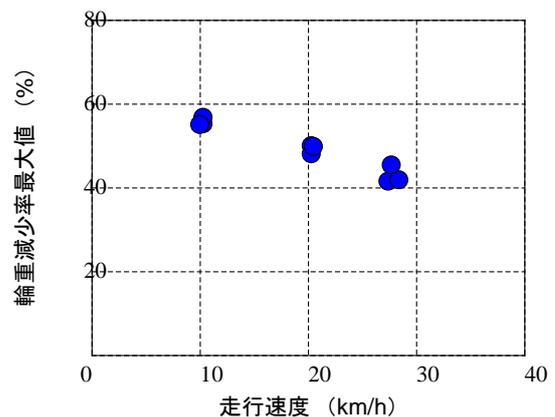


図 8 輪重減少率最大値と走行速度の関係  
標準状態

##### 5.2 開口度 20deg

輪重減少率の最大値と走行速度との関係を、標準状態での結果と併せ図 9 に示す。輪重減少率の最大値は、走行速度 10km/h と 20km/h の条件ではともに 50%程度の値であったが、走行速度 30km/h の条件ではこの値に比べ 1 割程度小さい値であった。このうち、輪重減少率の最大値が最も大きかったのは、走行速度 20km/h の条件で 50.8%であった。また、輪重減少率の最大値を標準状態と比較すると、走行速度 20km/h と 30km/h の条件では概ね同程度の値であったが、走行速度 10km/h の条件では 1 割程度小さな値であった。

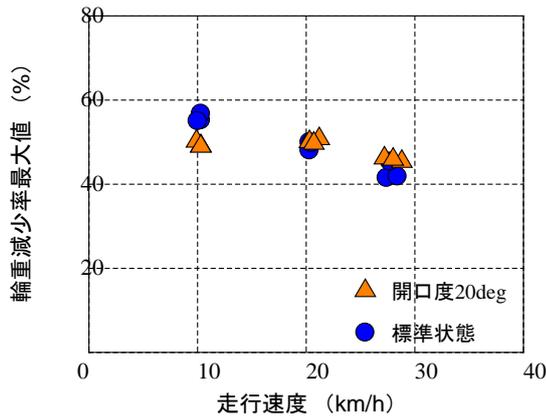


図9 輪重減少率最大値と走行速度の関係  
開口度 20deg

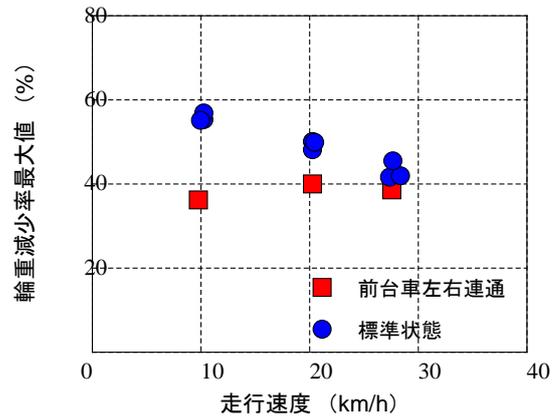


図11 輪重減少率最大値と走行速度の関係  
前台車左右連通

### 5.3 前後連通

輪重減少率の最大値と走行速度との関係を、標準状態での結果と併せ図 10 に示す。輪重減少率の最大値は、走行速度 10km/h と 30km/h の条件ではともに 43%前後の値であったが、走行速度 20km/h の条件ではこの値に比べ 1 割程度大きい値であった。このうち、輪重減少率の最大値が最も大きかったのは、走行速度 20km/h の条件で 47.8%であった。また、輪重減少率の最大値を標準状態と比較すると、走行速度 20km/h と 30km/h を目標とした条件では概ね同程度の値であったが、走行速度 10km/h の条件では 2 割程度小さい値であった。

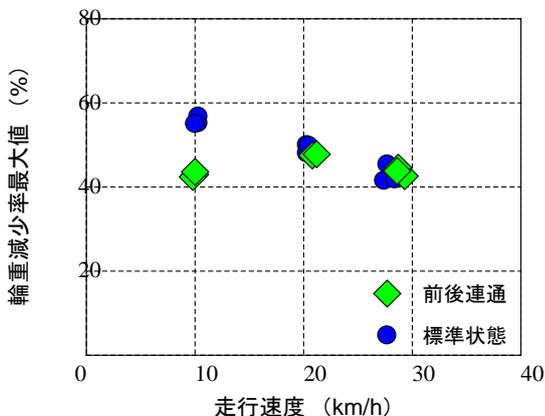


図10 輪重減少率最大値と走行速度の関係  
前後連通

### 5.3 前台車左右連通

輪重減少率の最大値と走行速度との関係を、標準状態での結果と併せ図 11 に示す。輪重減少率の最大値は、走行速度によらず 37%前後で、他の条件に比べ小さい値であった。このうち、輪重減少率の最大値が最も大きかったのは、走行速度 20km/h の条件で 39.9%であった。また、輪重減少率の最大値を標準状態と比較すると、全ての速度で小さい値となっており走行速度 10km/h の条件では 4 割程度小さい値であった。なお、この時の輪重減少率の最大値は、36.5%で全ての条件で最も小さい値であった。

### 6. まとめ

輪重減少抑制台車による輪重減少抑制効果を更に有効なものとするため、車体支持装置向けの輪重減少抑制技術と輪重減少抑制台車を組み合わせた場合の輪重減少抑制効果について、走行試験を実施し調査した。

- (1)高さ調整弁と空気ばね間に設けたボールバルブにより、高さ調整弁の空気流量の原状の 1/2 程度に抑制した条件での走行試験を実施した。その結果、出口側緩和曲線部における輪重減少抑制効果が確認できたのは走行速度が 10km/h の場合のみで、輪重減少率の最大値を 1 割程度抑制する効果があることがわかった。
- (2)空気ばね配管の構成を変更し、進行前后台車の外軌側および内軌側の空気ばねを連通した条件で走行試験を実施した。その結果、出口側緩和曲線部における輪重減少抑制効果が確認できたのは走行速度が 10km/h の場合のみで、輪重減少率の最大値を 2 割程度抑制する効果があることがわかった。
- (3)空気ばね配管の構成を変更し、進行前后台車の外軌側と内軌側の空気ばねを連通した条件で走行試験を実施した。その結果、出口側緩和曲線部における輪重減少抑制効果が全ての走行速度で確認され、走行速度が 10km/h の場合に輪重減少率の最大値を 4 割程度抑制する効果があることがわかった。

### 参考文献

- 1) 鈴木 他：3 ピース構造台車枠を用いた輪重減少抑制台車の開発、鉄道総研報告、Vol.27、pp.17-22、2013