

S2-3-1.

新型搬送台車の開発

○大戸 伸一, 根本 伸司, 佐々木 誠一 (JR東日本)
 大久保 欽司 (アサヤマ), [機] 鈴木 光雄 (鉄道システム計画)

Development of a new model carrier bogie

Shinichi OOTO, Shinji NEMOTO, Seichi SASAKI (East Japan Railway Co.)
 Kinji OOKUBO (Asayama Co.) ,Mitsuo SUZUKI (Railway System Plan Inc.)

The current carrier bogie lacks the running safety when it passes through a curve or crossing. Therefore, the wheel form and the manner in which loads should be supported was examined; in addition, the bogie mechanism which raises the steering performance of the carrier bogie was developed. A new version of the carrier bogie was developed based on 3 axles (six wheels) in comparison to the normal 2-axle. From the 2-axle type carrier bogie, one of the axles was divided into an axle for load support and one for wheel guidance, thus creating a 3-axle bogie. One important specification for the carrier bogie is flexibility, i.e. the ability to be used both for locomotive and passenger vehicles. The experimental model performed well through examinations and the stability while running was verified.

Keywords: Carrier bogie, Running safety, Derailment coefficient, Simulation

1. はじめに

搬送台車とは車両運用中に車軸軸受の焼付きや歯車装置破損などで車輪の不回転が発生した場合に、現場から車両基地への回送に当該車輪を載せて走行するためのものである。現在JR東日本所有する搬送台車はメーカー3社8種類あり、各車両センターでは配置車種に合わせて配備しており、搭載できる車輪径や軸重の関係から旅客車用と機関車用の2台を配備しなければならない車両センターもある。

また搬送台車使用時に対する速度規制はないが、移動時の安全を考慮し、経験により約5km/h程度で待避可能箇所へ車両を移動している。故障車両の早期待避のためには、搬送台車使用時の速度向上が必要不可欠であるが、現行品での速度向上は走行安全性に欠けていることから難しい。

そこで走行安全性が良く、汎用性のある新型搬送台車の開発を行った。

2. 現行品搬送台車調査

<2.1> 現行品搬送台車による基礎試験

現行品搬送台車による走行でPQ測定を行い、脱線係数による評価確認試験を実施した。

①搭載車両形式：キハ28(自重38.9t)

②測定場所：構内線 (R=117)

<2.2> 試験結果及び考察

<2.2.1> 搬送台車と車両側台車との比較

車端軸に搬送台車を装着した場合の搬送台車の車輪データと、搬送台車を車両中央軸側に搭載した場合の車両側台車の車輪データを比較した。

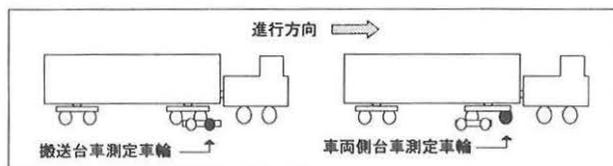


図1. 比較車輪と搭載位置

搬送台車車輪データの方が搭載車輪にかかる荷重を、搬送台車の前後2軸に分散していることから輪重は低い。しかし搭載車データと同等の横圧が発生していることから脱線係数が大きい。これより、搬送台車を装着した場合、通常の脱線係数に対して大きくなり、走行安全性が低下することが確認できる。

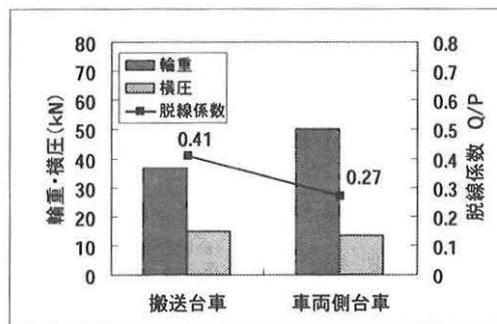


図2. 搬送台車と車両側台車の比較(速度5km/h)

<2.3> 現行品における課題点

- ①搭載台車の輪重が搬送台車の2軸に分散されるので、脱線係数が高く走行安全性が低い
- ②曲線通過に必要なボギー機構を欠いた構造となっている。
- ③4輪独立回転の車輪方式により、曲線通過に必要な左右車輪の輪径差による転向力が発生しない。

④ 転向力が低いので、レールに対しアタック角を常に保持し横圧増大を助長している。

3. 小径車輪の走行性能シミュレーション

〈3.1〉 シミュレーション概要

小径車輪の曲線通過性能について、時刻歴応答解析により脱線係数に与える影響に検討を実施した。

- ① 車輪、レール間のクリープ力の非線形特性をRevi-Chartet式で近似する。
- ② 搬送台車1台に関するモデルとする。
- ③ 車体は「半車体」が台車直上にあると考え、左右動とローリングを考え、ヨーイングは考えない。
- ④ 台車は通常の2段ばね台車モデルする。
- ⑤ 輪軸は軌道中心にラジアル方向に配置されている状態を基準とする。
- ⑥ 台車枠の中心は搭載台車の2輪軸の中心を結んだ直線の中心にあるものとする。

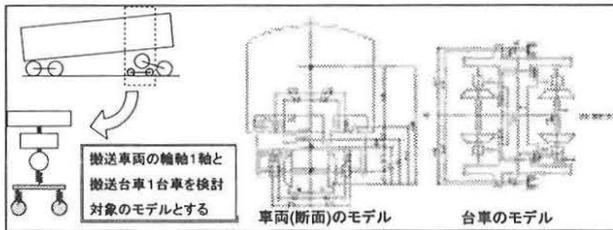


図3. 計算モデル

〈3.2〉 シミュレーション結果

カントの無い、R100mの曲線を速度25km/hで走行した際を基本として検討した。

〈3.2.1〉 踏面勾配と輪軸構造

一体輪軸において、踏面勾配が小さい場合は、左右輪径差による自己転向能力が不足しているためフランジ接触を生じ、大きな転向横圧が発生するため小曲線では脱線係数が大きい。曲線半径が大きくなり、フランジ遊間範囲内で輪径差が確保できるようになると、前軸外軌側の脱線係数は急激に減少する。この傾向は踏面勾配1/8の場合に顕著に現われている。

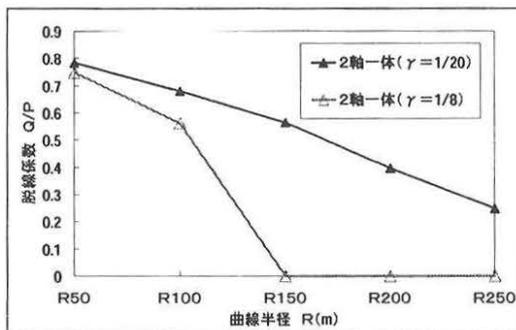


図4. 2軸とも一体輪軸構造時の踏面勾配の影響

2軸独立回転の車輪では輪軸の自己転向性がないので、常にフランジ接触による曲線通過となり転向横圧が生じる。

そのため小曲線における脱線係数は、他方式に比較して低い、曲線半径が大きくなっても減少傾向は低い。今回の計算諸元では、R200m程度以上の曲線では他の方式よりも不利になっている。

小曲線での脱線係数増大を抑制し、中～大曲線での脱線係数低減を図るには、1軸独立、1軸一体の前後非対称の輪軸構造とすることで、中間的な特性を得ることができる。

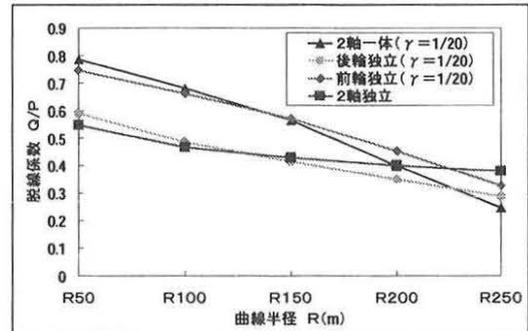


図5. 輪軸構造と脱線係数

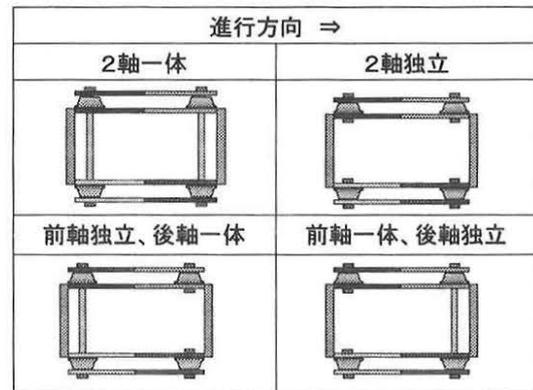


図6. 輪軸構造の敬称

4. 試作品による走行試験

〈4.1〉 試作品概要

現行品の課題点及びシミュレーションの結果より実現可能な構造について検討した。通常2軸で構成される搬送台車の車軸構成を、搬送台車自体の固定轴距に基づく幾何学的拘束とアタック角を緩和するために、荷重支持機能を持つ車輪軸と、走行案内機能を持つ車輪軸を設け、通常1軸が有する荷重支持およびフランジによる案内機能を分離することで、全体3軸の構成の搬送台車を試作した。

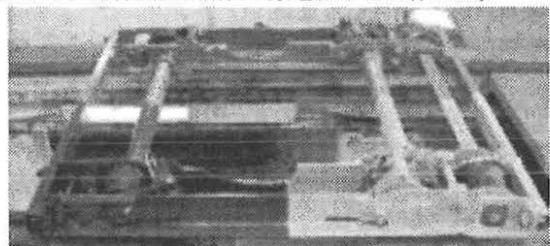


写真1. 試作品全景

〈4.1.1〉 案内車輪

案内機構を有する車輪は、枕木方向に軸受ごとスライド式に±15mm可動し、横圧の発生を抑える。

また、レール踏面と車輪踏面間に2mmの隙間を設け輪重の掛からない構造とした。

〈4.1.2〉 フランジ無し車輪

2軸目は案内機能車輪と機能を分割したことにより、搭載される荷重を支持し直接車輪に伝えると共に、一体輪軸構造でフランジを無くし、車輪幅一杯に踏面勾配を設けることで、左右車輪の輪径差による自己転向力を向上させることができ、これにより曲線では自己転向による横圧低減、直線では復元力が得られ安定走行が可能となる。

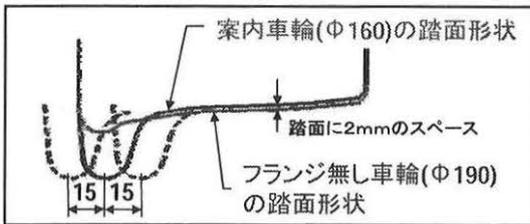


図7. 案内車輪とフランジ無し車輪

〈4.1.3〉 輪軸構造

初期の試作では、フランジ無し車輪部のみを一体輪軸構造として輪径差を活用できる機構とした。その他の車輪部は独立車輪として、車軸をつなぐ作業の省力化と搬送台車自体の軽量化を考慮したが、独立車輪先行走行時に自己転向性が低いことが分かり両軸とも一体輪軸構造とした。

〈4.1.4〉 搭載車輪の支持方法

初期試作のくさび式の車輪受け部では搭載車輪を十分に受けきれないことから、搭載車輪の様々な車輪径に対応できるように、ねじ式の2点接触型車輪受けとして支持方法を変更した。

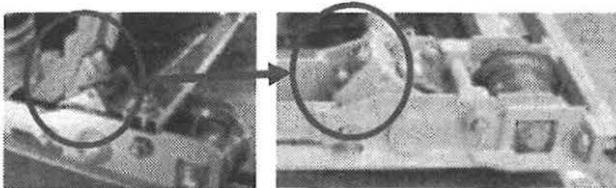


写真2. 車輪受け部(左:改良前、右:改良後)

〈4.1.5〉 案内車輪の軌間保持ガイド

分岐器への割り込みやレールガードへのフランジトップの接触をさけるため、車輪は独立車輪のまま、左右移動時にもバックゲージを一定にするガイドを設け軌間を保持することとした。

〈4.2〉 走行試験概要

①搭載車両形式： τ 484(自重47.3t)

②測定場所：構内線 (R=117)

試運転線 (R=500, C=55, S=5)

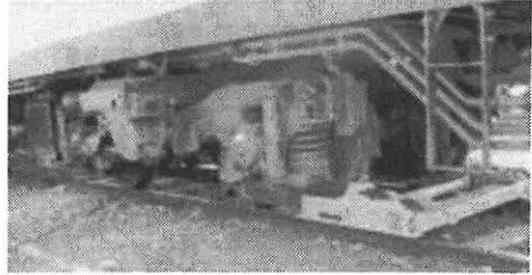


写真3. 試作機による走行試験

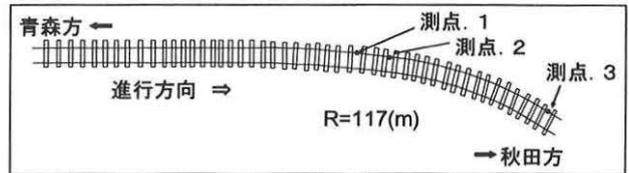


図8. 構内線測定点

〈4.3〉 試験結果及び考察

〈4.3.1〉 測定観測結果

試作品は3軸構造であり、フランジ無し車輪の輪径差による自己転向能力を超え案内車輪の補助を得ている場合、横圧に案内車輪の波形がでるが、試験結果では確認されなかったため、自己転向力で操舵したものと考えられる。

また、案内車輪は基本的には輪重を受けない構造となっているが、動的荷重が掛かったことにより波形上で観測される場合があった。

〈4.3.2〉 搬送台車型式による比較

新型の試作搬送台車はいずれの測定点でも脱線係数が低く、転向性に優れていることが確認された。現行品のD型台車と比較しても新型の方が低い値を示している。

図中の現行品のA型、B型は基礎試験の際に測定したものであり、D型や新型の際に搭載した車両と車種や自重も異なるので、脱線係数での絶対値評価はできない。

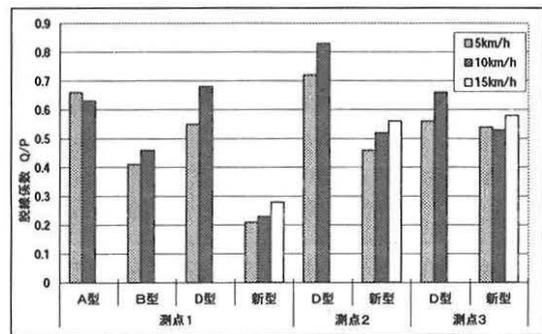


図9. 搬送台車型式による脱線係数の違い

(参考) A・B型は基礎試験時測定
搭載車両 τ 428(自重38.9t)

〈4.3.3〉 新型搬送台車の進行方向による比較

新型搬送台車を搭載車両の車端軸に搭載し、搬送台車を履いた車軸が先行して進む場合、案内車輪が先行する場合と搬送台車を反転搭載した場合の先行する車輪の脱線係数の比較を行った。

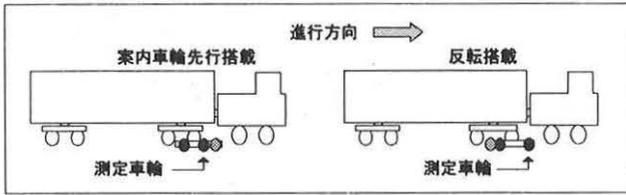


図 10. 新型搬送台車の搭載方向

当初、案内車輪が先行する場合、前輪側となる案内車輪とフランジ無し車輪の転向性によって反転搭載の時に比べ、優位性が現われるものと想定していた。

しかし、反転搭載で、フランジ無し車輪、案内車輪が搬送台車の後輪に位置する走行の方が、脱線係数が低い結果を得た。これは、後輪となるフランジ無し車輪の大きな輪径差による内軌側からの転向力により、先行し前輪となるフランジ有り一体輪軸の外軌脱線係数が低減されているのではとも推測されるが、反転搭載試験の際の小雨の影響もあり、直接比較は難しい。

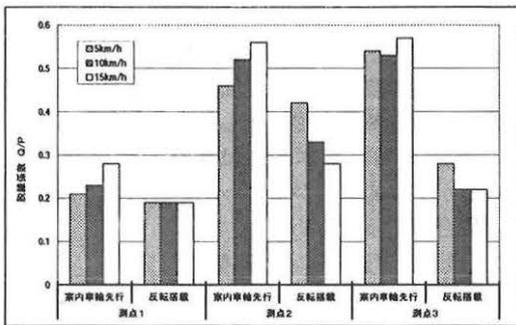


図 11. 搬送台車の進行方向による違い

＜4.3.4＞ 試運転線での速度向上結果

カントやスラックの軌道条件のある試運転線にて5km/h～30km/hまで速度を向上して試験を行った。試運転線では内外軌各1点、計2点で測定を実施した。

走行速度が5～30km/hと常にカント超過の状態での走行であり、車両はカント負けを起こし内軌側に偏って走行し、フランジ無し車輪(進行前輪)、フランジ有り車輪(進行後輪)共に外軌に負の横圧、内軌に正の横圧が発生している。

また、搬送台車の走行状態は速度30km/hでも脱線係数は0.2以下と十分な走行安全性があることを確認した。

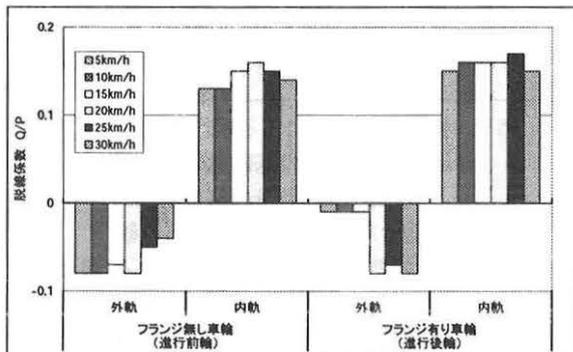


図 12. 内外軌における脱線係数と速度の関係

＜4.4＞ 組立作業及び搭載車軸持ち上げ装置

＜4.4.1＞ 組立作業性

組立作業確認で組立に要した時間は、約33分であった。ピットのある非常に環境の良い状態での作業であったため、実使用を想定した場合、軌道や車軸の故障状況、作業環境を考慮し、より組立作業性がし易い工夫を考案している。



写真 4. 組立作業 1



写真 5. 組立作業 2

＜4.4.2＞ 持ち上げ装置概要

搬送台車を組立後、搬送台車フレームの隙間に持ち上げ装置のアームを挿入し、油圧シリンダとのリンク機構により搭載車輪を挟み込んで持ち上げる機構とした。搭載車輪と接する部分には軌道上を搬送台車のフレーム内側に沿って移動する治具により車輪を受け止めて持ち上げる。

十分に持ち上がったところで、搬送台車の搭載車輪受けを内側に回転させて車輪を支持できる角度に調整し、油圧シリンダを復位する事で、搬送台車に搭載が完了となる。

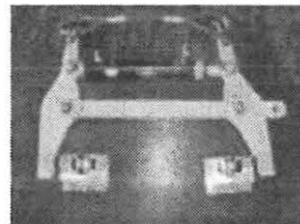


写真 6. 持ち上げ装置

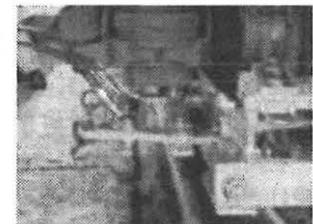


写真 7. 装着状況

5. まとめ

搬送台車として特殊な3軸6輪構造の新型搬送台車を考案し、一つの車輪機能を荷重支持の車輪と案内機能を有する車輪に機能別けることにより走行安全性を向上でき、従来よりも高速走行での使用が可能な搬送台車を開発できた。

組立作業性や持ち上げ装置等の課題は、実用化に向けての改良として図面検討を行っている。

以上