

3804 車輪フランジ摩耗低減の取り組み

○東 義之 鈴木 和馬 山之口 学 石原 鋼 (西日本旅客鉄道株式会社)

Approach of improving wear of wheel flange

○Yoshiyuki HIGASHI, Kazuma SUZUKI, Manabu YAMANOKUCHI, Tsuyoshi ISHIHARA (West Japan Railway Company)

In rolling stock inspection and maintenance, wheel turning and wheel changing is one of the expensive processes. Especially, once a vertical wear of tyre flange occurs, the width of wheel turning to restore wheel tread to initial form becomes quite larger. So, as one of measures to improve wear of wheel flange, we tried to reduce the lateral force occurring in curves by elastic axle box supporting bogie. We have turned out a test bogie, tested at rolling stock test stand and executed running tests to confirm the effect of elastic axle supporting by measuring the wheel-rail contact force. We report here about these results and show our approach in future to confirm the reduction of tyre flange wearing.

キーワード: 横圧、軸箱支持剛性、試験台車、走行性能向上

Keywords: lateral force, stiffness of axle box suspension, test bogie, running performance improvement

1. はじめに

車両検修において、車輪削正・車輪交換は大きなコストの掛かるものの一つである。なかでも、車輪フランジの直立摩耗の発生は、車輪交換コストを増加させる。フランジ直立摩耗が進行した車輪踏面の場合、初期形状に回復するための車輪削正量が多くなり、結果として車輪の使用寿命を短くしてしまう (Fig. 1)。

フランジ摩耗は、主に曲線通過時に輪軸のアタック角 (車輪が転がる方向とレールの方向との間の角度) により、外軌車輪フランジが外軌側レールを押すときに発生する横圧と、それに伴う摩擦に起因するため、フランジ摩耗を低減させるために横圧を低減させることを考え、在来線試験車 U@tech を活用して「軸箱前後支持剛性の柔支持化」と「軸間距離の短縮」による曲線通過性能の向上に着目して取り組みを行ってきた¹⁾。現在、効果のあった「軸箱前後支持剛性の柔支持化」について、今後の新製車両への反映や既存車両への導入を図るため、実用化に向けた長期トレース試験を計画している。

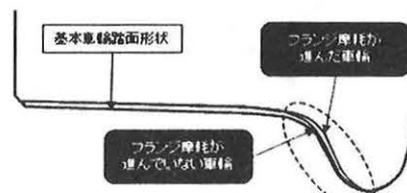
本稿では、在来線用試験台車 (以下、試験台車) による試験、営業車を用いた走行試験及び今後の長期トレースの考え方について報告する。

2. 取り組みの背景

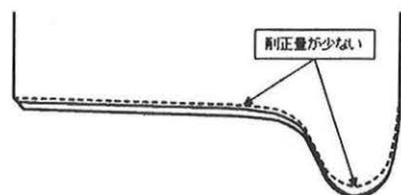
2.1 フランジ摩耗の現状調査

フランジ摩耗の現状調査として、車輪削正・車輪交換後からの「走行距離」と「フランジの摩耗形状」の関係を把握するため、アーバン線区を走行する代表車種の 207 系と 223 系についてフランジ角度に注目した調査を行った (Fig.2)。フランジ角度は、踏面の基準点 (車輪背面から 65mm の位置) から 11mm と 18mm 下位の 2 点間を結ぶ角度を測定したものである (Fig.3)。(この計測位置は、設計上の修正円弧踏面のフランジ直線部に対し、計測位置の誤差を加味して両端を 1mm カットしている。)²⁾

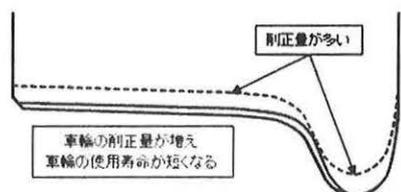
曲線割合の高い線区を走行する 207 系では、223 系と比較してフランジ摩耗の進行が早いといえる。



(a) フランジ摩耗の形態



(b) フランジ摩耗が進んでいない車輪の車輪削正



(c) フランジ摩耗が進んだ車輪の車輪削正

Fig.1 車輪フランジ摩耗の特徴

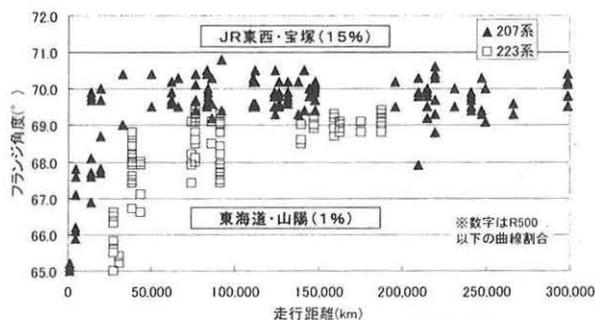


Fig.2 207系と223系の走行距離別フランジ角

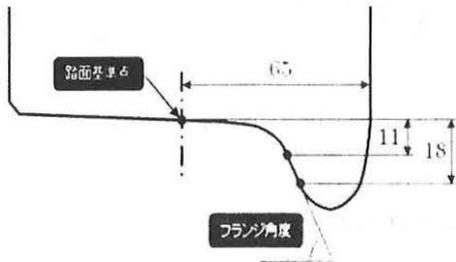


Fig.3 フランジ角度の測定位置

2.2 フランジ摩耗低減の方策

(1) フランジ摩耗発生要因

台車が曲線を通過する際には、台車前軸の外軌側車輪がレールとフランジ接触してアタック角をもち、内軌側に押されながら走行しており、外軌側車輪に横圧が発生する (Fig.4)。また、フランジとレールの接触部分に摩擦が発生することにより、曲線通過時にはフランジが摩耗していくことになる。

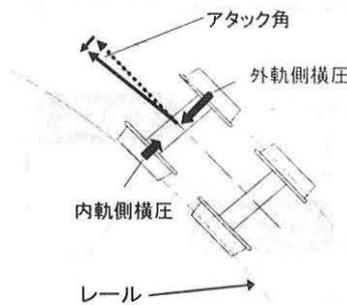


Fig.4 曲線通過時に輪軸に作用する横圧

(2) 車輪フランジ摩耗低減策の整理

フランジ摩耗を低減させるには、大きく分けて次の 2 つの方策が考えられる。

- 横圧を低減させる
- 外軌側の摩擦係数を低減させる

これらの具体的方策を整理したものを以下に示す (Fig.5)。本取り組みでは、曲線通過性能を向上させるために軸箱前後支持剛性を柔支持化し、輪軸の自己操舵性を向上させることを考える。

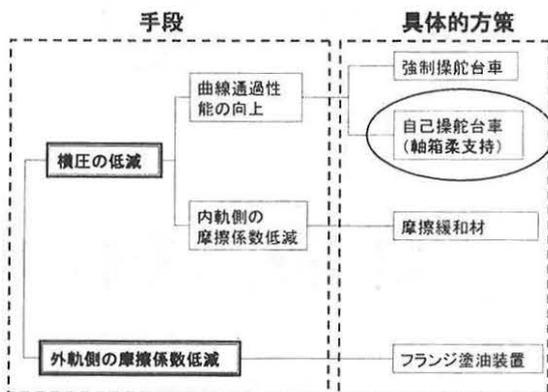


Fig.5 フランジ摩耗低減策

2.3 試験台車の製作¹⁾

当社では次世代車両に向けた技術開発を目的として、在来線試験車 U@tech を製作し、様々な研究開発を実施

しているところであるが、走り装置関係の開発は、通勤・近郊車両が主な開発対象となるため、アクティブ制御を使用しない「パッシブ系」を基本としている。

当社では、223 系で軸はり式ボルスタレス台車の採用以降、在来線台車の仕様の統一化の流れがあるため、今回の開発についてもこの台車を基本とした。事前に 223 系の走行試験や台車回転試験による実態調査を行ない、開発項目を整理した後、「走行性能の向上」、「乗り心地向上」に対し、パッシブで到達できる限界を見極めるため、試験台車を作成した (Fig.6)。

本件名は、試験台車の「走行性能向上」の取り組みの一つである。



Fig.6 在来線試験台車 (WDT950)

2.4 取り組みのステップ

本取り組みは、3つのステップに分けて進めた (Fig.7)。まず試験台車において、回転試験による走行安定性の確認と、試験車による横圧低減効果の基礎検証を行った。試験車では車両条件の変更が発生し同じ走行条件での試験ができないため、次の段階として、営業車を用いた走行試験を実施し、同一編成内での横圧の比較および走行安全性の確認を行った。この結果を受けて、車輪摩耗低減効果の長期確認試験を計画している。

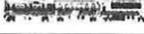
	STEP1 (H17~19)	STEP2 (H20~21)	STEP3 (H21~)
実施 件名	曲線通過性能と 走行安定性の検証	同一編成・同一運転 条件による確認	営業車で長期トレ ース試験の実施
目的	両立する軸箱支持 剛性の設定	営業車で長期使用 試験実施の判断	車輪フランジ摩耗低減 効果確認(車輪寿命)
使用 車両	試験台車・U@tech 	321系 	急曲線区を走行する 車両 
検証 内容	・走行安定性 (だ行動限界速度) ・走行安全性 ・横圧低減効果	・走行安全性 ・横圧低減効果	・車輪踏面形状変化 ・軸ハリゴム経年変化

Fig.7 取り組みのステップ

3. 試験車による検証 (STEP1)¹⁾

3.1 軸箱前後支持柔支持化の検討

軸箱前後支持剛性を低くすることにより曲線走行時のアタック角が緩和され外軌側横圧が減少するが、一方で走行安定性の低下が懸念される。我々は、既存の 223 系台車を用いた回転試験によりパラメータ同定を行ったシミュレーションにより、走行安定性を確保しつつ、横圧低減が可能な剛性の検討を行った。検討の結果、摩耗踏面およびヨーダンパ1本フェールの条件で蛇行動限界速度 180km/h 程度を確保することとし、既存の条件 (223 系) に対して軸箱前後支持剛性を 20%減に設定した (Table 1)。

Table 1 走行安定性の確認試験結果

	現状台車 (223系等)	→	柔支持台車 (試験台車)
軸箱支持剛性 (前後)	1460kgf/mm		1158kgf/mm
だ行動限界速度 (計算値)	202km/h		181km/h

3.2 走行安定性の確認試験

財団法人鉄道総合技術研究所（以下鉄道総研）の新車両試験台において、当社の車両の質量特性と同等の車体（半車体モデル）に試験台車を装着し、だ行動試験を実施した。台車の第1軸の軌条輪を左右方法に振動させて、加振後の軸箱左右の状態により評価したところ、摩耗踏面、ヨーダンパ1本フェール条件でのだ行動限界速度は190km/hで走行安定性に問題のないことを確認した。

3.3 試験車による横圧低減効果確認試験

(1) 目的

軸箱前後支持剛性について、走行安定性を確保しつつ柔支持化することによる横圧低減度合いを確認する。

(2) 試験条件

在来線試験車 U@tech の Mzc に試験台車を組み込み、走行試験を実施した (Fig. 8)。試験台車の軸はりゴムを変更し、軸箱前後支持剛性を既存条件、柔支持条件の2種類で確認した。

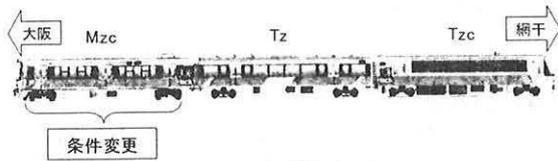


Fig. 8 在来線試験車 U@tech

(3) 結果

外軌側の平均横圧を比較したところ、既存台車条件に比べて柔支持化条件の方が、横圧が15~50%低減していることを確認した (Fig.9)。また走行安全性にも影響のない事をあわせて確認した。

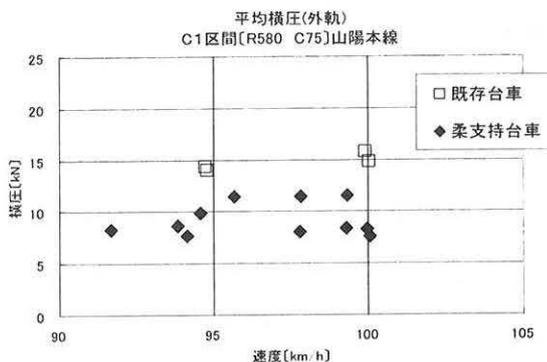


Fig.9 横圧低減 試験結果 (車上 PQ)

3.4 地上測定による横圧低減効果の確認試験

(1) 目的

短編成の試験車による走行試験では仮設変更に伴う試験時期のずれにより、摩擦条件を合わせる事ができないのが欠点である。このため、摩擦条件を同一とするため、特定地点での地上 PQ を測定することにより横圧値の評価を行った。なお、U@tech (軸箱前後柔支持化) との比

較対象は試験台車と同様の台車構造を有し、同様の走行条件である営業車 (223系) とした。

(2) 試験条件

地上測定地点は、3.3 の評価区間と同様の区間とした。遠心力の違いによる影響を少なくするため、速度差が一定の範囲内 (± 5 km/h) のデータで比較し、乗車率の影響を除くため、輪重値で無次元化した。

(3) 結果

柔支持化により、223系既存車に比べ、横圧が低くなっていること確認できた (Fig.10)。

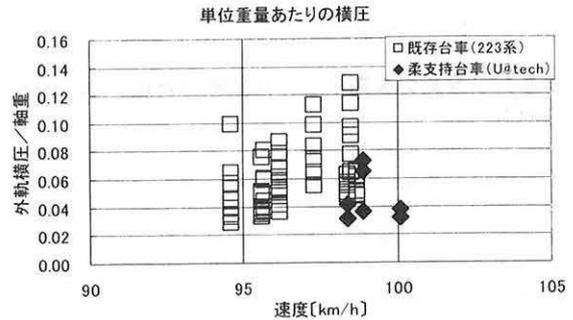


Fig.10 横圧低減 試験結果 (地上 PQ)

4. 同一編成での最終確認試験 (STEP2)

4.1 考え方

試験台車での横圧低減効果が確認できたため、営業車を用いて同一編成での最終確認を行い、車輪摩耗の長期トレースの判断を行うこととした。試験を行う形式を選定するに当たり、以下の条件を考慮した。

- ①軸はり式台車である
- ②同一条件で現改比較ができる

この2つの条件を満たす形式として、321系列車 (7両編成) を選定した。

4.2 横圧低減効果の確認試験

(1) 目的

同一編成での横圧低減効果を確認し、長期トレース試験に向けた基本性能を確認する。

(2) 試験条件

4号車の軸箱前後支持剛性を柔支持化し、従来の支持剛性で車両重量がほぼ同程度である6号車との比較を行った (Fig.11)。4号車および6号車の1位に PQ 軸を装荷し、同一の走行条件で2軸分の輪重・横圧データを測定した。

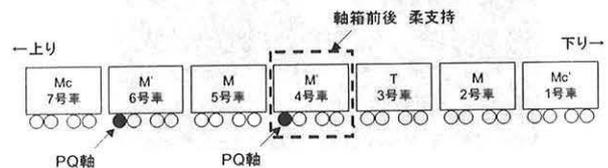


Fig.11 営業車 走行条件

(3) 結果

柔支持台車は既存台車に比べ、平均横圧が15%程度改善した (Fig.12)。また、走行安全性に影響のないこともあわせて確認した。

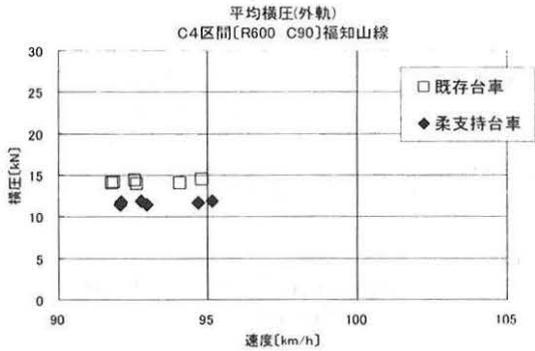


Fig.12 営業車で横圧低減効果

5. フランジ摩耗の長期トレース試験の計画 (STEP3)

5.1 進め方

営業車で、軸箱前後支持剛性の柔支持化による横圧低減効果が確認できたため、長期トレース試験を実施してフランジ摩耗への影響を調査する。本稿の冒頭で述べた207系はウィングバネ式であり、今後は軸はり式に統一されていくことから、軸はり式台車を対象に摩耗調査を行い、試験線区を選定することとした。取り組みの進め方は以下の通りである。

①線区ごとの摩耗調査

フランジ摩耗を調査し、摩耗の多い車両形式、線区を選定する

②長期トレース試験

選定した車両の軸箱前後支持を工場入場のタイミングで柔支持に変更する。従来支持と柔支持の車両を対象に、踏面状態の継続したトレースを行ない、フランジへの影響を確認する。

5.2 線区ごとの摩耗調査

(1) 目的

軸はり式台車を対象とし、線区の曲線割合と照らし合わせ、フランジ摩耗の多い車両、線区を選定する。

(2) 測定方法

踏面描写装置(ミニブルーフ)を用い、車両の1位の軸の左右車輪の測定を実施した(Fig.13)。冒頭の2.1と同様、フランジ角度と車輪削正後の走行距離を調査した。

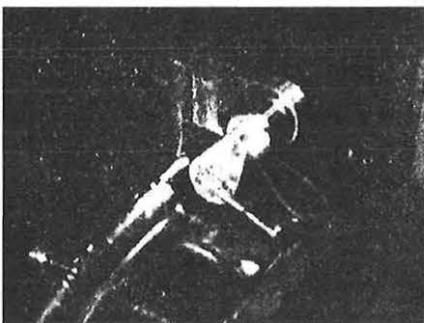


Fig.13 踏面描写装置(ミニブルーフ)

(3) 測定結果

調査対象線区の曲線割合及びフランジ角度測定結果を以下に示す(Fig.14, Fig.15)。

曲線割合の高い小浜線を走行する福井運転センター敦賀派出の125系や、福知山線・山陰本線・舞鶴線を走行する福知山電車区の223系は、他線区の車両に比べフラ

ンジ摩耗の進行が早いことが分かった。

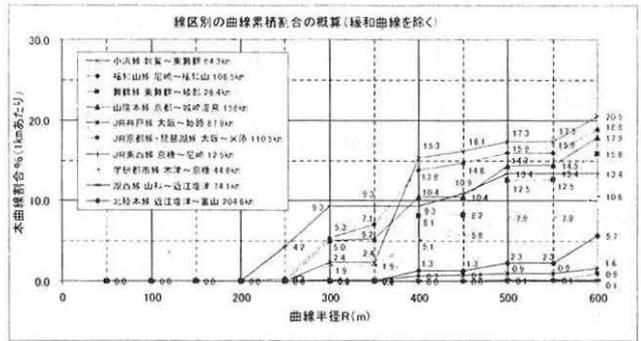


Fig.14 曲線割合

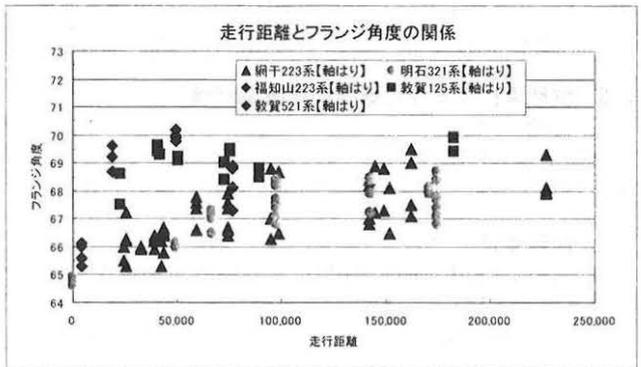


Fig.15 走行距離とフランジ角度の関係

5.3 長期トレース試験

(1) 車両の選定

線区ごとの摩耗調査や工場入場を考慮し、今年11月以降、入場する小浜線の125系で予定している。

(2) トレース方法

1~5.7.10万km毎にミニブルーフによる測定を行い、鉄道総研開発の車輪摩耗形状推定ツール³⁾を活用し、摩耗傾向の把握及び車輪転削周期の評価を行う。なお、評価には8ヶ月以上のトレースが必要と考えている。

6. まとめ

軸箱前後支持剛性の柔支持化について、試験台車で横圧低減の成果をもとに、長期トレースを前提とした営業車による走行試験を実施し、横圧低減を確認することができた。横圧低減は、フランジ摩耗を低減し車輪とレールのメンテナンスコストの低減に寄与することが目的である。今後、摩耗調査によって分かったフランジ摩耗の多い車両を用いて長期トレースを実施し、フランジへの影響を確認することで、効果を明らかにしていきたい。

参考文献

- 1) 山之口学, 石原鋼, 奥村正弘, 鈴木和馬: 横圧低減の取り組み(在来線試験車 U@tech 試験台車による技術検証), J-Rail2007, pp.661-664, 2007
- 2) 角井真哉, 五十川敬司, 真野辰哉: 在来線車輪踏面の摩耗傾向とレールとの接触状態調査結果, J-Rail2003, pp.575-578, 2003
- 3) 芳賀昭弘: 走行に伴う車輪踏面形状変化とその管理手法, 第193回鉄道総研月例発表会講演要旨, 4p, 2006