

高速新幹線用台車の開発



加藤 博之* 岩波 健* 新井 浩* 浅野 浩二*

新幹線の高速化に向けて、走行安全性・安定性、乗り心地、信頼性の向上などを目指した新たな台車の開発を行っている。この台車の駆動装置・車軸軸受等には新たな構成要素を採用しており、事前に先行試作品を製作し試験台試験による性能試験・長期耐久試験で確認を行った。現在は新幹線高速試験電車に搭載して走行性能の確認を行っている。

●キーワード：高速新幹線用台車、駆動装置、車軸軸受、ブレーキディスク、ライニング

1 はじめに

高速新幹線用台車の開発においては、走行速度の大幅な向上に対応する性能（走行安全性・安定性、乗り心地）とともに、高速走行時の信頼性確保、営業使用を前提とした長期耐久性、メンテナンスの容易性についても考慮する必要がある。このため、台車の主な構成部品は、新たな構成要素の採用も含めた構造の見直しを行った。その検討段階においては数値解析などにより強度や性能を十分に検討するとともに、先行試作品を製作して試験台試験による性能試験・長期耐久試験で確認を進めてきた。

このようにして開発を進めてきた台車は、現在、新幹線高速試験電車に搭載して、実際の走行試験による性能確認を行っている。ここでは、高速新幹線用台車の開発内容と開発プロセスについて、台車およびその主要部品である駆動装置、車軸軸受、ブレーキ部品を中心に紹介する。

るため、設計の必要な負荷条件は過去に製作した試験車両で得られたデータ等をもとに設定した。

開発台車の主な特徴には、以下の項目が挙げられる。

- (1) 走行安全性・安定性向上のために、軸箱支持剛性の最適化を図った。
- (2) 上下乗り心地向上のために、軸ばねおよび空気ばね上下剛性の最適化を図った。
- (3) 左右乗り心地向上のために、空気ばねの左右剛性の最適化を図った。
- (4) 左右乗り心地向上のために、電磁式アクティブ動揺防止制御装置を装備した。
- (5) 曲線通過速度向上のために、空気ばねストローク式車体傾斜制御装置を装備した。

2 開発内容

2.1 開発台車の構成

最高運転速度360km/hでの安定した走行を実現するために、駆動装置、車軸軸受、ブレーキ部品等の重要構成部品に新規要素を採用するとともに、台車全体としては、走行安全性・安定性、乗り心地の向上、さらに信頼性・耐久性向上、メンテナンス性向上等を目指して開発を進めた。目標速度が現在の営業最高速度を大幅に上回

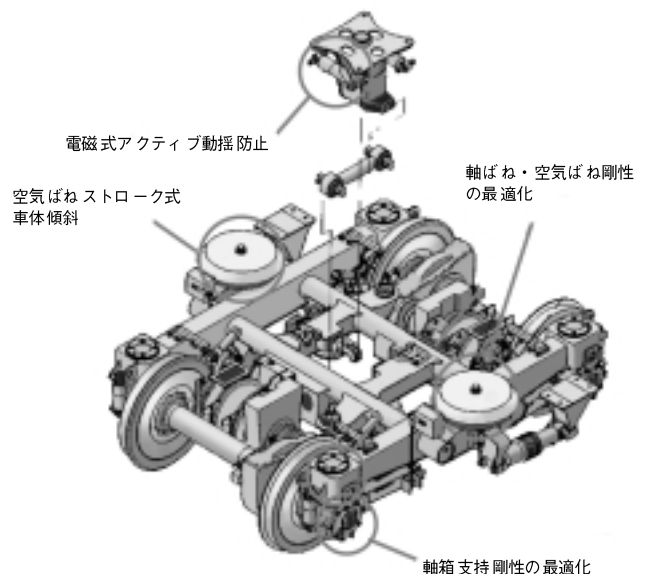


図1 台車構成

技術的な目標が同一であっても、それを実現するための考え方は唯一には定まらないため、今回の開発では細部構造の異なる3種類の台車を製作し、高速試験電車に装備して、実際の走行試験で比較評価を行うことにした。

2.1.1 開発A方式台車

台車枠と軸箱を軸箱と一体の腕で結合する方式（軸はり支持方式）とし、アクティブ動揺防止制御用電磁アクチュエータは1本配置の構成である。（図2）



図2 開発A方式台車

2.1.2 開発B方式台車

台車枠と軸箱を板ばねで結合する方式（支持板方式）とし、アクティブ動揺防止制御用電磁アクチュエータは1本配置の構成である。（図3）



図3 開発B方式台車

2.1.3 開発C方式台車

軸箱支持方式はA方式台車と同様の軸はり式とし、アクティブ動揺防止制御用アクチュエータは2本配置の構成である。従来の車体側構造部材の一部（枕はり）を台車側の構造部材（車体支持はり）とし、車両全体の軽量化と台車着脱作業の容易化を図っている。（図4）

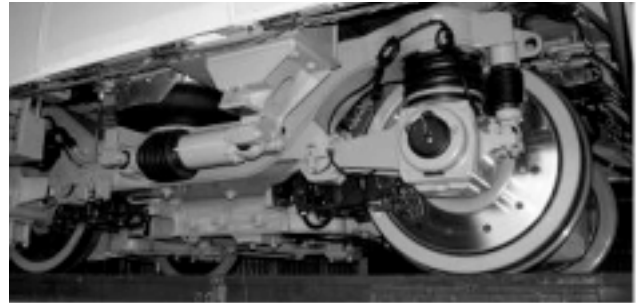


図4 開発C方式台車

2.2 駆動装置

2.2.1 歯車装置

走行速度の向上に伴って、モータの回転を車輪に伝える駆動装置の負荷も増大する。そこで信頼性の向上と低騒音化をねらい、歯車装置にはトルク伝達時にも軸方向の力が発生しない「ヤマバ歯車」を採用した。従来の「ハスバ歯車」では、トルク伝達時に軸方向の力が発生するため、軸受も組立て時に微妙なすきま調整を要する円錐ころ軸受を用いざるを得なかったが、「ヤマバ歯車」を使用することで軸受も軸方向の負荷から解放され、すきま調整の不要な円筒ころ軸受とすることができた。

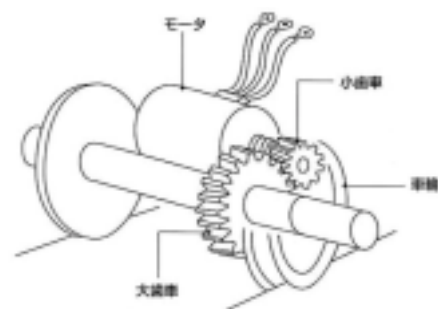


図5 駆動装置構造

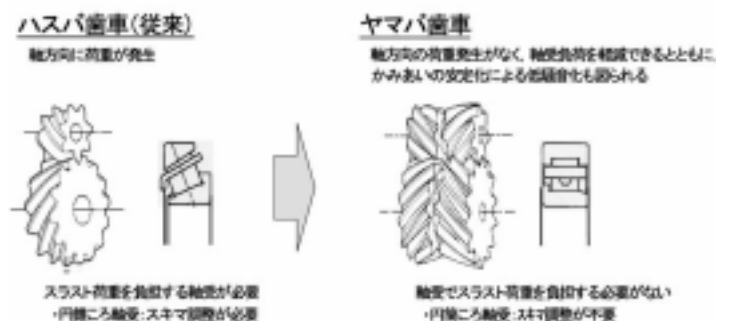


図6 歯車構造¹⁾

2.2.1 軸継手

前述のように、今回の開発台車は上下方向の乗り心地を向上するために軸ばねを柔らかくしているため、主電動機軸と小歯車軸の変位量も大きくなる。このため、この変位量に対応するとともに回転時の騒音低減を図った2種類の軸継手（歯車式軸継手、TD継手）を開発した。

2.3 車軸軸受

走行速度が275km/hから360km/hに向上すると車軸軸受が受ける振動は約2倍となる。これにより従来の軸受のままでは耐久性が低下するため、軸受の信頼性および耐久性の向上は高速化のために必須であり、また事前にその性能を確認することが重要である。

今回の開発では、油浴潤滑式、グリース潤滑式を含む数種類の軸受を試作し、後述の定置試験台による性能試験を実施した。その結果、油浴潤滑式は温度上昇と潤滑油のシール性に課題が残るためグリース潤滑式を選択し、併せて車軸への攻撃性を抑制する構造とした。

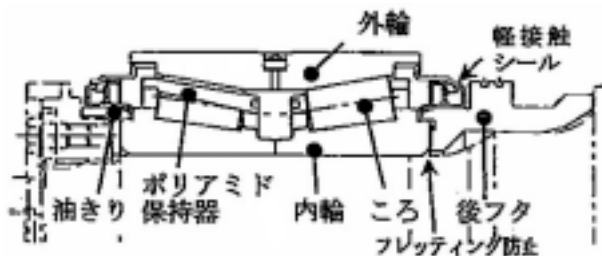


図7 車軸軸受

2.4 ブレーキ部品

高速時からの制動エネルギーを十分に吸収でき、発熱量、摩耗についても低減できるブレーキ部品を開発した。

2.4.1 ブレーキディスク

ブレーキ熱によるディスクの反り変形を抑制し、締結ボルトに作用する応力を低減できる中央締結構造とした。

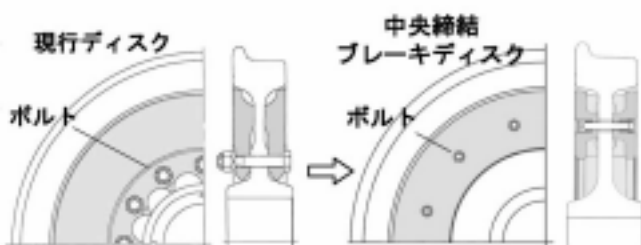


図8 ブレーキディスク構造

2.4.2 ライニング

材料の改良とともにディスクに均一に接触できる分割式構造とした。

3 性能試験

従来から駆動装置や車軸軸受等の単体性能試験は試験台試験で実施しているが、台車全体の性能試験は多くの場合実際の車両を走行させて行ってきた²⁾。しかし近年では、走行性能の確認（事前確認）も台車状態または車両状態での試験台試験³⁾で実施する例が増えている。今回の台車開発においても、大幅に走行速度が向上することから、先行試作品を製作し試験台試験での性能試験を重視して進めた。

試験台試験による性能試験結果は以下の通りである。

3.1 台車性能試験結果

台車特性の評価は鉄道総研の車両試験台を主体に実施して、走行安定性および乗り心地について確認した。

その結果、いずれの開発台車とも速度400km/h超まで走行安定性に問題ないことを確認した。併せて乗り心地についても確認し、改良が必要な項目については試験電用台車の諸元に反映した。



図9 車両試験台試験（鉄道総研）

3.2 駆動装置性能試験結果

温度関係試験（低温急加速試験、常温温度試験）および近傍騒音測定を行った。温度関係試験では360km/h域においても現行車両の駆動装置と同等以上の良好な特性であること、近傍騒音も現行と比べて低減効果があることが分かった。

3.3 車軸軸受性能試験結果

油浴潤滑とグリース潤滑で温度特性を比較した結果、400km/h 走行では油浴潤滑の油温度が劣化温度の120℃程度となる一方、グリース潤滑はその半分程度の温度特性であることが分かった。また油浴潤滑では油漏れが発生（3万キロ相当）し、シール構造として高速走行に対応が困難であることが分かった。

3.4 ブレーキ部品性能試験結果

400km/h からの非常ブレーキ相当のブレーキ試験を80回以上行った結果、以下のことがわかった。

- (1) ディスクの反りは現行品に比べ約1/4に軽減し、摩耗量は測定限度以下でほとんど摩耗しない。
- (2) 分割式ライニングはディスクのヒートスポットの発生やライニングの溶融を抑制し、速度360km/h 超域でも現行品以上の摩擦係数が維持される。また、摩耗量も現行品の約1/5に軽減した。

4 長期耐久試験

長期にわたる車両使用期間中の高速走行を安全・確実に達成するためには、台車の性能のみならず、各部品の信頼性、耐久性についても事前に十分な確認を行うことが必要である。しかし、近年まで走行時にかかる負荷の下で長時間の試験を実施できる試験装置は一部を除き存在せず、耐久性の評価は実際の車両に装備して一定期間走行させて行う以外に方法はなかった。

今回の高速化では既存車両を活用した評価は不可能である一方、開発台車には新規要素を数多く取り入れてお



図10 長期耐久試験（台車試験装置）

り事前の十分な検証が必要である。そこで、研究開発センターが大宮総合車両センター内に新設した台車試験装置を活用して、負荷吸収機構を用いた主電動機駆動および実軌道加振条件下における試作台車の60万キロ耐久走行試験を実施し、最終的には試験装置上での65万キロ走行を達成した。これは、最高速度400km/h、昼夜兼行で124日間走行し続けるという非常に過酷な試験であった。

耐久試験終了後は駆動装置、車軸軸受を分解調査し、走行の安全性に関わる不具合がないことが分かった。

5 おわりに

高速走行台車関係の開発内容について紹介したが、開発した台車は現在新幹線高速試験電車に装備し、走行性能を確認する。

今後も、安全で信頼性を有する台車・台車部品とするため、走行試験を通じて高速性能、耐久性、メンテナンス性を確認し、さらに完成度を向上させていく計画である。

参考文献

- 1) 機械工学便覧,B応用編,B1機械要素設計・トラ体°ロジ°pB1-108
- 2) たとえば,佐々木ほか,新幹線用台車開発における試験台の活用について,機構論,No.02-50(2002),p175-178.
- 3) たとえば,岩波ほか,E2系1000番代新幹線車両による乗り心地向上対策試験,機構論,No.02-50(2002),p169-170.