

技術展望

日本製鉄(株)の鉄道車両製品技術の特徴と今後の展望

Nippon Steel Corporation's Characteristic Technology and Future Prospects of Product Technology for Railway Parts

坂口 篤司* 尾崎 拓也
Atsushi SAKAGUCHI Takuya OZAKI

抄 録

日本製鉄(株)交通産機品事業部では1919年に鉄道車両用品の圧延タイヤの製造を開始して以降100年以上にわたって、車輪、車軸、台車などの鉄道車両品を製造している。日本製鉄で製造している製品は鉄道車両の安全性、走行性能に大きく寄与するものであり、安全性を確保しつつ、高機能な製品開発を進めてきた。ここでは、これまでに日本製鉄で開発した製品を紹介するとともに、今後の展望について述べる。

Abstract

Nippon Steel Corporation began manufacturing tires for railway parts in 1919, and has been manufacturing railway parts such as wheels, axles, and bogies for more than 100 years. Those products manufactured by Nippon Steel have greatly contributed to the safety and running performance of rolling stock, and we have been developing highly functional products while ensuring safety. In this paper, we report the products we have developed and present our future prospects.

1. はじめに

日本製鉄(株)交通産機品事業部では、車輪、車軸、台車などの鉄道車両品の開発、製造を実施しており、日本国内の鉄道事業に貢献してきた。鉄道車両品に求められる特性は品種ごとに異なるが、安全性だけは共通の要求性能である。日本製鉄では、安全性を確保しつつ、軽量化、高速走行安定性などに優れた高機能な製品を開発してきた。ここでは日本製鉄が独自に開発した製品を紹介するとともに、今後の展望について述べる。

2. 日本製鉄の独自製品

2.1 輪軸

車輪、車軸は重要保安部品であり、鉄道の安全に大きく寄与する製品である。日本製鉄でも鉄道車両品の主力として、車輪、車軸の製品開発を進めてきた。日本製鉄で開発した独自の車輪として、軽量化を目的とした波打車輪がある。図1、図2に示すように、板部を円周方向に波状にすることで横圧に対する剛性を向上させることができる。剛性アップ分だけ板厚を約30%薄くでき、軽量化が可能と

なる。

一方、車軸では、新幹線の開業に合わせて、高周波焼入れ車軸を開発、さらに新幹線の高速化、軽量化ニーズを踏まえて中ぐり車軸を開発した。高周波車軸は車軸表面を高周波焼入れすることで圧縮残留応力を付与することができる。この圧縮残留応力により、車軸の損傷の主たる原因で

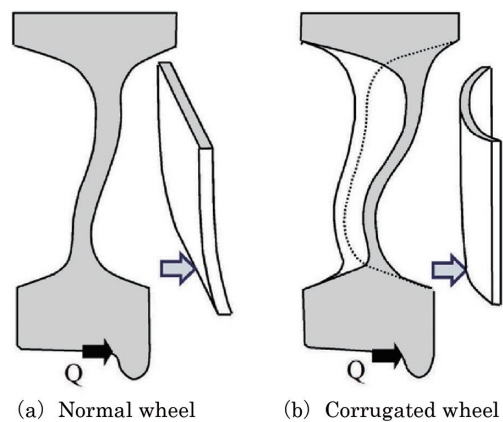


図1 波打車輪の剛性向上の原理
(a) 通常車輪 (b) 波打車輪
Concept of web design of the corrugated wheel

* 交通産機品事業部 交通産機品技術部 交通産機品技術室長 東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071



(a) Solid wheel

(b) Corrugated wheel

図2 波打車輪
(a) 一体車輪 (b) 波打車輪
Corrugated wheel

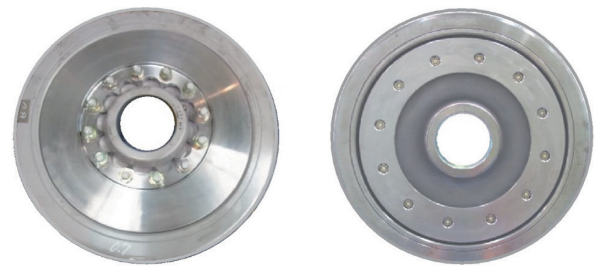
あるフレッチングき裂の発生を抑制することが可能となる。中ぐり車軸は文字通り車軸の中心部に穴をあけることで軽量化を図っている。現在新幹線で一般的に使用されている中ぐり車軸では約 50kg の軽量化を実現している。

車輪、車軸ともに、JIS 規格、JRIS 規格をベースに設計を行っている。先にも述べた通り車輪、車軸は重要保安部品であり、割損などが発生すると即脱線等の大事故につながりかねない。これまでは過去の経験から規格を制定され、運用してきたが、最近では評価技術（応力解析、疲労試験、探傷技術など）も発達しており、厳密な設計も可能となってきている。これからは設計規格の見直しを提案し、安全性を確保しつつ、より高性能（軽量化、信頼性向上）な車輪、車軸の開発を進めていく。

2.2 ブレーキディスク

日本製鉄では、高速車両用（主に新幹線）のブレーキディスクを製造している。新幹線では、車輪の両側にボルトで締結する車輪側ディスクという方式を採用している。また材質は新幹線開業当初は鋳鉄材が使用されていたが、車両の高速化に伴い、より高強度な鍛鋼材が適用されている。一方で最近では構造も大きく変化している。当初は内周部で締結する内周締結方式が採用されていたが、軽量化、締結部の信頼性向上を目的に、現在では摺動面の中央部で締結する中央締結方式が主流になっている。日本製鉄では内周締結方式、中央締結方式ともに開発を進め、新幹線の安全性に寄与してきた。図3に内周締結方式と中央締結方式の比較を示す。中央締結方式のブレーキディスクは内周締結方式と比較し、1枚当たりの重量が約 20kg 軽量になる。またディスク形状が大きく異なるため、ブレーキ時の熱変形が少なく、より高負荷なブレーキを負荷することができ、結果としてブレーキ距離を短縮できる。さらにはボルト締結部の信頼性を大きく改善できるという長所もある。中央締結方式は 2011 年より新幹線で実運用を開始している。

さらなる信頼性向上を目的に、ブレーキディスクだけでなく、パッドの開発を進めており、当面圧パッドを開発している（本号“新幹線用新型ブレーキパッドの開発”を参照）。



(a) Inner connection type

(b) Center connection type

図3 ブレーキディスク
(a) 内周締結 (b) 中央締結
Brake disc

2.3 駆動装置

鉄道車両用歯車も創業当初からの主力製品のひとつである。現在では、大小の歯車を歯車箱に収めて車軸に取り付け、モータと歯車装置を歯車形たわみ軸継手で結合したカルダンの方式の駆動装置が主流である。カルダン式駆動装置では、モータと車軸が直角に配置された“直角カルダン式駆動装置”，モータと車軸が平行して結合する“平行カルダン式駆動装置”があるが、メンテナンス性などから新幹線、在来線ともに平行カルダン式が一般的に採用されており、歯車にはハスバ歯車が用いられている。

鉄道車両の高速化、周辺機器の低騒音化、沿線住民の環境意識向上に伴い、低騒音・低振動化のニーズが高まり、2004年に駆動装置の静粛性や振動特性を評価する無響室負荷回転試験機を開発・導入した。本試験機を用いて、歯車かみ合い振動を大幅低減し静粛性を大幅向上できる、歯車の歯面修整形状を考案し、特許化した。本技術により実車両での騒音低減が実現し、幅広いユーザーに低騒音駆動装置として採用され、高評価を得ている。

さらに、低騒音化に加え、さらなる信頼性向上を目指したヤマバ歯車装置を開発し、現在、東海道・山陽・西九州新幹線の営業車両に採用されている。図4に示す通り、従来のハスバ歯車装置では、スラスト荷重（軸方向の荷重）が発生することから円錐コロ軸受を採用しているが、この軸受に過大な荷重がかからないように、定期的な隙間調整が必要となっていた。一方、日本製鉄で開発したヤマバ歯車装置では、隙間調整が不要になり、さらにスラスト荷重が発生しないため、軸受への荷重が約 20% 低減、結果として軸受の信頼性向上、長寿命化につながっている。一方でヤマバ歯車は従来の製造技術の延長で生産できるものではないため、量産化にあたっては加工技術の開発と、専用の加工機、加工工具を導入した。

2.4 台車

鉄道車両においては、台車にはばね、ダンパといった全ての緩衝装置を搭載しており、走行性能の大部分が台車性能で決まる。鉄道車両では、車輪がレールに沿う形で曲線を通過する。車輪がレールと接触する部分（踏面）に勾配が

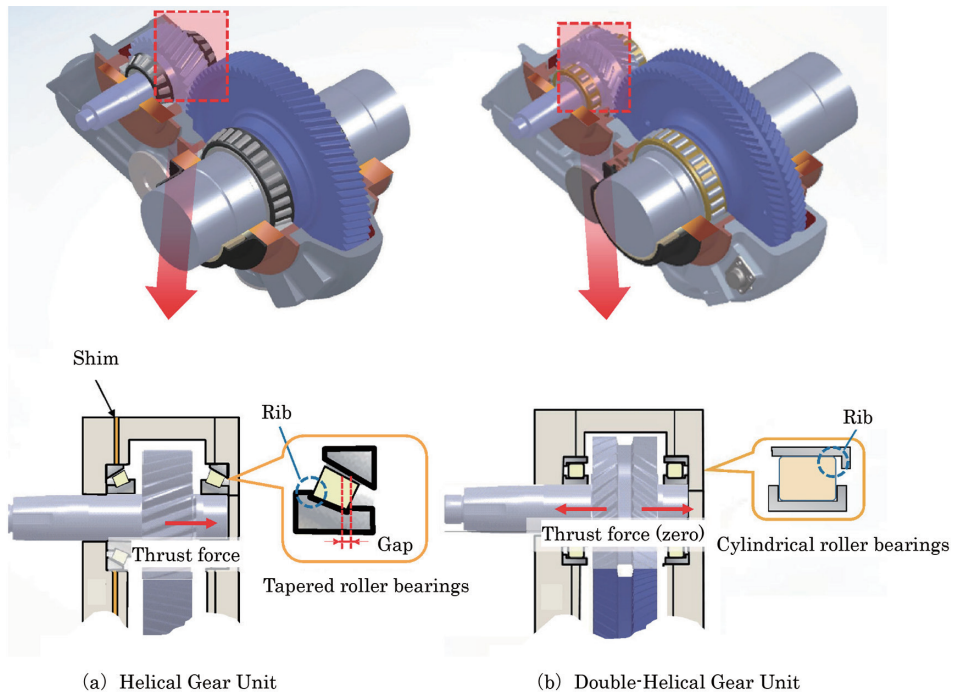


図4 鉄道用歯車装置
(a) ハスバ歯車装置 (b) ヤマバ歯車装置
Gear unit for railway

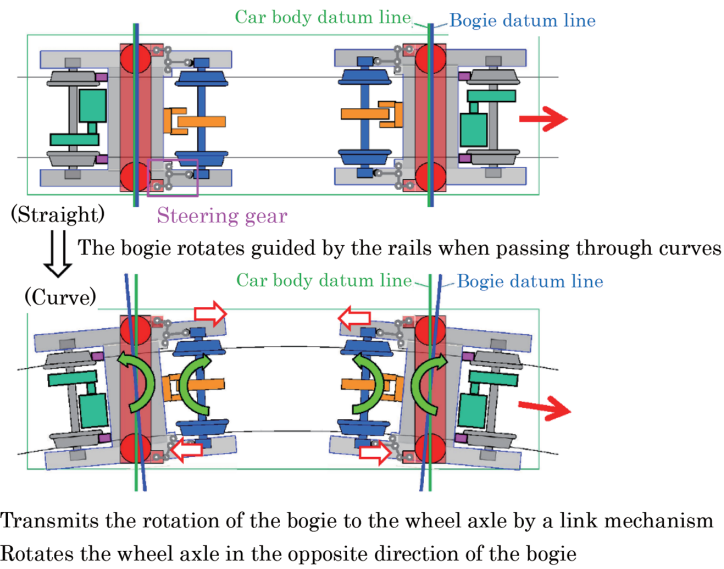


図5 操舵台車のメカニズム
Concept of steering bogie

設けられており、曲線の外側のレールと接触する部分の車輪半径が大きく、内側のレール接触する部分の半径が小さくなり、曲線を旋回している(図5)。輪軸状態であれば、内外の車輪径差でスムーズに旋回できる曲線であっても、台車状態では輪軸が台車枠に剛性の高いばねで結合されているため、車輪の回転方向と車両の進行方向の差(アタック角)が発生し、車輪フランジがレールにガイドされて走行している。このとき、車輪フランジとレール間で車輪を脱線させる方向に荷重(横圧)が発生することとなる。曲線の多い地下鉄用の鉄道車両では、横圧を低減させるため

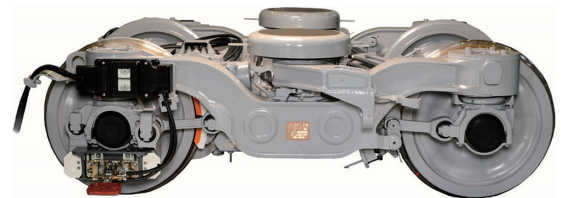


図6 操舵台車
Steering bogie for railway vehicle

に、車輪とレール間の潤滑条件を工夫してきたが、さらなる横圧低減のために日本製鉄が開発した台車が操舵台車である(図6)。日本製鉄の操舵台車では通常の台車にリンク

機能を追加し、曲線通過時に台車が車体に対して旋回する挙動をリンク機構で輪軸に伝達し、輪軸を回転させるボギー角連動操舵台車となっている。この操舵台車により、曲線通過時のアタック角が減少し、車輪フランジに作用する横圧を低減、その結果、車輪・レールの接触時の騒音を低減することが可能となる。また曲線通過時の走行抵抗を低減することが可能（日本製鉄の検証結果では曲線通過時の消費電力削減効果は約42%）、CO₂排出量を年間で1.1千t削減効果が期待できる。

3. まとめと今後の展望

本稿では日本製鉄で独自に開発した主要製品について紹

介した。鉄道車両製品の設計・開発に際しては安全性が最優先となるが、今後は安全性を確保しつつ、設計基準、規格の見直しを進めていく予定である。新設計規格を用いることでさらなる新製品の開発が可能となる。これまで、車輪・車軸の軽量化、ヤマハ歯車、操舵台車による騒音低減など、環境負荷低減に貢献してきた。鉄道の次の100年を見据えて今後も新たな製品開発を継続していきたい。

参考文献

- 1) 岡方義則：鉄道用車輪設計技術の現状と今後の展望. 新日鉄住金技報. (395), 26-33 (2013)



坂口篤司 Atsushi SAKAGUCHI
交通産機品事業部 交通産機品技術部
交通産機品技術室長
東京都千代田区丸の内2-6-1 〒100-8071



尾崎拓也 Takuya OZAKI
交通産機品事業部 交通産機品技術部
交通産機品技術室 鉄道車両品課長