

第11回 鉄道車輛用ばね

三菱製鋼(株) 早坂 善広

1. 鉄道車輛用ばね

鉄道車輛に使用されるばねはいろいろあり用途別に整理すると台車懸架用軸ばね、枕ばね、アンチローリング装置用トーションバー、連結器支持装置用胴受けばね、腹心ばね、パンタグラフ用圧縮コイルばね、引張コイルばね、ブレーキ用戻しばね（引張コイルばね）が挙げられる。さらに軸ばねにはコイルばねのほかに、ゴムばね、コイルばねにゴムを被覆したエリゴばね、シェブロン式という積層ゴムばねがあり、枕ばねもコイルばねのほかに板ばねや空気ばねが挙げられる。

2. 台車の構造と懸架用ばねの変遷

以前は客車用や貨車用には板ばねが多く使われていたが、その後コイルばねが主流となり板ばねが使用されることはほとんどなくなった。その後ゴムばねが一時期軸ばねの大半を占めるようになったが、ゴムばねの経年変化による定期交換などの必要性から、最近は用途によりコイルばねが見直され多く使用されてきている。一方、枕ばねは軸ばね同様コイルばねが主に使用されていたが、台車から車体に伝わる振動を緩和し、柔らかく車体を支持して乗客の乗り心地を向上する目的のため、空気ばねが主流となり現在に至っている。

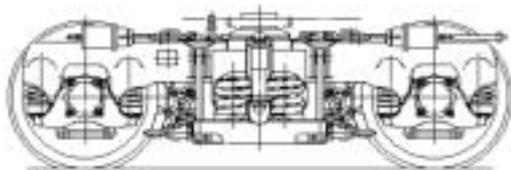


図1 揺れまくら式台車

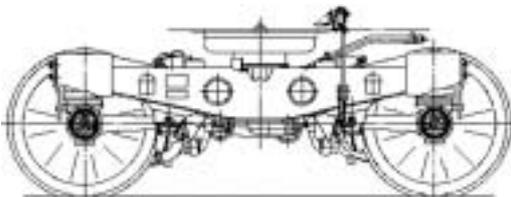


図2 ボルスタレス軸はり式台車

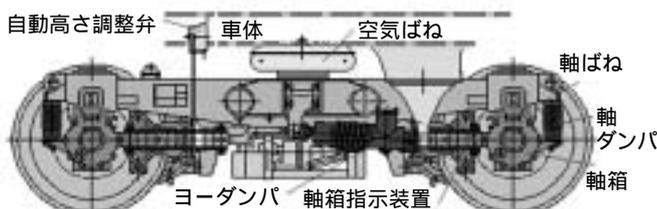


図3 新幹線用台車

図1から図3に代表的な台車の構造と特徴を示す。図1は昭和30年代から使用されている台車で揺れまくら式台車という。軸ばね、枕ばねにコイルばねを使用している代表的な台車で、現在はローカル線の一部で使用されているのみである。図2は平成5年から使用され、現在最も主流となっているボルスタレス型軸はり式台車といい、JR東日本の最新の通勤電車に採用されている。図1と比較して構造を簡素化し、部品点数を削減しており軽量化などの改良した台車で、枕ばねに空気ばねを、軸ばねにコイルばねを使用している。図3は新幹線用の台車で、基本的には在来線の台車と同じ構造となっている。つまり現在鉄道車輛の台車用金属製懸架ばねといえば軸ばねを指すことになる。以下、軸ばね用コイルばねに関して解説する。

3. 軸ばね

(1) 材料

鉄道車輛用コイルばねの材質は、国内では原則としてJIS G 4801に規定しているSUP6、SUP9、SUP9A、SUP11Aを使用している。それぞれの鋼種は焼入性を重視して選定しており、コイルばねの線径により使い分けている。自動車用懸架ばねや建設機械用リコイルスプリングなどでは、軽量化やコスト低減のため高強度鋼が開発され採用が拡大しているが、鉄道車輛用ばねの場合は、依然として上記JIS G 4801に規定されている鋼種以外は使用されていないのが実情である。

(2) ばねの設計と強度

ばねの設計は従来から原則としてJIS E 4206に定められた規定に基づき実施されている。この規格は現在使用されていない旧国鉄時代の規格JRSの許容設計応力を見直してはいるものの、実際の応力の設定においては依然JRSの基準内で運用されているのが実体で、十分な安全性と信頼性を考慮した基準となっている。このことは、鉄道車輛は自動車とちがいでテストコースといったものがなく、走行試験は通常の線路を使用して行われ、自動車のような悪路実車耐久のような加速試験ができず、安全性の確認試験が難しい状況にあるためである。その結果、保守点検を定期的に行っているせいもあるが、ばねの折損事例は取扱上の問題といった特殊な場合を除いて皆無である。

(3) 特性

軸ばねの特性は荷重の増加に比例してたわみが増加するいわゆる線形特性がほとんどである。最近ではばね定数が荷重の増加とともに高くなる非線形特性を有するテーパコイルばね（図4、5）が採用されだしてきている。

これは乗客の多少による乗り心地の確保、線路状況による軸重抜けの防止、さらにばねの可動ストロークの制限対策のために使用されている。



図4 テーパーコイルばね

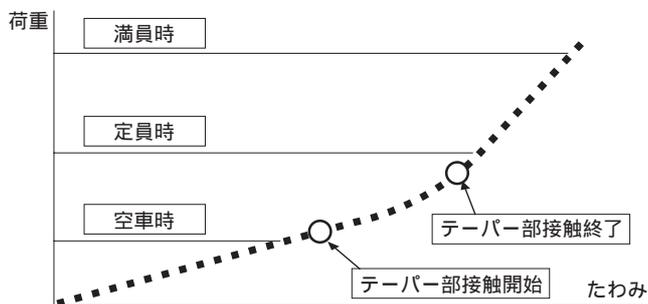


図5 テーパーコイルの特性線図

4. 今後の課題

旅客交通機関の共通の使命は、「安全」「正確」「低料金」「スピード」「快適性」といわれている。その中で軸ばねに関係するのは、「安全」「スピード」である。

鉄道はご存じのように大量の人、貨物を運ぶ交通システムである。公益性という点からすれば、鉄道は社会に対する寄与度はきわめて大きく、他の交通機関とは比較にならないほど強いものをもっている。万一事故を起こした場合、多くの人命が失われ、故障などにより鉄道がストップした時の社会活動への影響は非常に大きいものがある。そのため「安全」は最重要課題である。最近ではドイツ鉄道のICEの事故や日本でも地下鉄日比谷線での脱線事故、JR西日本の尼崎での脱線事故がある。特に日比谷線の脱線事故はその原因の一つに軸重上げが挙げられており、具体的には、台車や枕ばねである空気ばねの調整不良も可能性として指摘されている。

以上のように、鉄道車輛用の金属製軸ばねメーカーとしては、ばね特性に対する精度の向上を図ることはもちろんで、メンテナンスフリーのユーザからの要請もあり、ものづくりにおける品質向上や経時変化に対する技術的考慮も一層重要となってきた。

次に「スピード」のアップである。東海道新幹線は、安全性、正確性、スピードにおいて社会の要求に応えた画期的な大事業であったといえるが、近年航空機や高速道路網の急速な整備により、さらなるスピードアップが必要となってきた。そのため車輛の大幅な軽量化は今後とも進められ、軸ばねが装備される台車も例外なく軽量化の対象となっている。図2に示した軸はり式台車がそのいい例であり、一説には軽量化の限界まできているとの指摘もある。その中で、機能部品でかつ強度部材で、特に信頼性が必要な軸ばねを含めた一部の部品だけは先にも述べたように軽量化からは除外されている。しかしながらほかの輸送手段や鉄道会社同士のスピード競争により、このまま一部の部品だけが今後とも軽量化の対象から除外されるとは考えにくく、必ず軽量化は実施されるものと考え。ただここで注意しなければならないのは、鉄道車輛の場合、技術的な事項はこれまでの実績と経験に依存することが多いということである。新たなコンセプトのもとに開発されたシステムをどのように検証して、安全性と性能、強度を十分確保するかが今後重要な課題となるものと考え。また近年特に顕著なのが台湾新幹線に代表される鉄道車輛メーカーの海外展開である。日本の鉄道車輛技術は基本的に日本で構築されたものである。そのため、今後は日本で経験したことのない外部環境や使用状況にばねがさらされることとなり、予想外の問題が起こることが懸念される。自動車のように仕向先を想定した実車試験を十分実施して信頼性を確保して市場に投入できればいいのだが、それができない鉄道車輛の場合、いかにしてこれらの項目を検証していくか車輛メーカー、部品メーカーのより一層の協力が今後ますます重要となってくるものと思われる。