

高 速 台 車

High Speed Truck

村 田 師 男*

Norio Murata

内 容 梗 概

近来、車輛の速度はだんだんと向上して、最高速度も 130~160 km/h はすでに実用の域に入っている。

これに伴って、台車としてもいろいろと考慮せねばならない問題が発生してくる訳であるが、本文ではごく概念的ながら問題点と思われるものをひとつとりあげ、外国の高速台車の傾向などとあわせ検討して、今後の高速台車はいかにあるべきかという考察と、日本の高速台車としては空気バネ式台車が良いのではないかという提案を行つた。

〔I〕 緒 言

最近の車輛の傾向の一つとして速度の向上があるが、速度向上は人類のあこがれであり、また技術者としてもまことにやりがいのある仕事である。そしてこれは乗客に対するサービスの向上であり、さらにほかの競争線あるいはほかの乗物との競争に勝つという意味と同時に、固定資産の回転率を高めるという意味で鉄道経営者にとつては重要な研究課題である。しかしこれを実現するためには、動力の問題、軌道の問題、乗心地の問題、それに制動の問題が必然的につきまといつてきて、決してなまやさしいことではない。

本文では車輛の中の台車を取り上げて、高速化に応ずる台車のあり方について若干述べてみようと思う。

〔II〕 高速化に伴う諸問題

まず高速とは一体どの程度の速度をいうのかということであるが、フランスにおける 331 km/h というような桁はずれのものは一応例外として、一般にいわれている表定速度 1 哩 1 分を標準に考えると、これは約 96 km/h に相当する。これから最高速度を推定すると、標準軌 1,435 mm において 160 km/h、国鉄のような狭軌に換算して 130 km/h ぐらいであろう。

130 km/h という最高速度そのものは、すでにわが国の狭軌私鉄道においても実現されており、国鉄でも最近 120 km/h の試験を実施しているので、特におどろくこともないが、これは試運転で出したか、あるいはごく短時間内のことで、表定速度はまだ 96 km/h の線には到達していない。したがって在来タイプの台車で、130 km/h 程度の速度は格別の不都合もなく走行できるということはいえるが、表定速度が上昇してきた場合、安全に、経済的に、かつ乗心地よく走行できるかどうかは、まだ検討の余地が残されているように思われる。すなわち上記の試験結果では振動特性は急激に悪化する傾

向はみられない。ただ軌道の改善と制動距離が問題であると論じられているに過ぎないが⁽¹⁾⁽²⁾、台車としても一応高速対策を考えておかねばならない。

それでは高速化に伴って、台車として問題になる点は何であろうか。

(1) 強度的な面

速度上昇とともに駆動力、制動力は大きくなり、走行中の衝撃も当然激しくなることが予想されるから、これに対応できるだけの強度を確保せねばならない。軽量化とは相反した進み方になるがやむを得ないところである。しかし諸外力の適確な把握と、部材の適切な利用によつて十分妥協点が見出されるはずである⁽³⁾。

(2) 駆動方式

平行カルダン、直角カルダンがたがいに勢力を競っているが、いずれにせよ電動機は軽量高速なものとなり、バネ上に装架されることには間違いない。

(3) 構 造

構造が画期的に変るとは考えられないが、少なくとも単純化と保守部分の減少にはたえず心がけねばならない。速度の上昇は摺動部の磨耗を加速度的に増加するから、このあたりから性能劣化の時期が早められ、保守点検の側に不当な重荷を押しつけることになるであろう。ドイツのミンデン台車が標榜しているような、無保守でも性能低下を生じない安定した台車の出現が望まれる。

(4) 走行性能

振動性能に関しては今までの考え方を延長すればよいと思われる。ただこの程度の速度になると、定常的な蛇行動が出てくるので、この対策を考えねばならない。蛇行動が発展すれば脱線の危険を伴う。

さらに速度の増加は軌道に対する衝撃的反力を増大させるから、ふたたびバネ下重量の軽減を叫ぶ必要がある。

バネ系については、車体の軽量化に伴い鋼体の弾性を無視することができないようになってきたので、これを考慮に入れて決定せねばならない。防振ゴムさえ使えばビビリ振動を吸収できると安易に考えることは慎むべ

* 日立製作所笠戸工場

きである。

最近注目をあびている空気バネが今後どのように高速台車と結びついて行くかは、台車の構造がこれによつてどのように変つて行くかということとあわせて多大の興味を感じさせるものである。

(5) 走行抵抗の減少

動力を有効に使つて経済的に高速を得るためには、走行抵抗をできるだけ減らさねばならない。車体の流線型化は当然のこととして、台車においても極力無駄な抵抗を減らすべきである。

この方面の研究課題として、小田急山本氏の提唱する、曲線路における車軸向心装置がある⁽⁴⁾。これはすでに欧州で実用化されてその効果が認められ、わが国においても一軸台車に採用された例があるが、曲線路に入ると車軸を曲線の曲率中心に向けて曲線抵抗を減らそうとするものである。

第1図にスイスで作られたこの種台車の例を示したが⁽⁵⁾、曲線による速度制限の多いわが国では検討の価値があると思われる。

(6) 制動関係

安全運転の見地からもつとも重要視される問題であるが、結論的にいつて、荷重に応じた制動率を選択する可変荷重機構と、速度に応じて制輪子と車輪との間の摩擦係数を最大限に利用させる、速度応動機構はどうしても必要なものであろう。

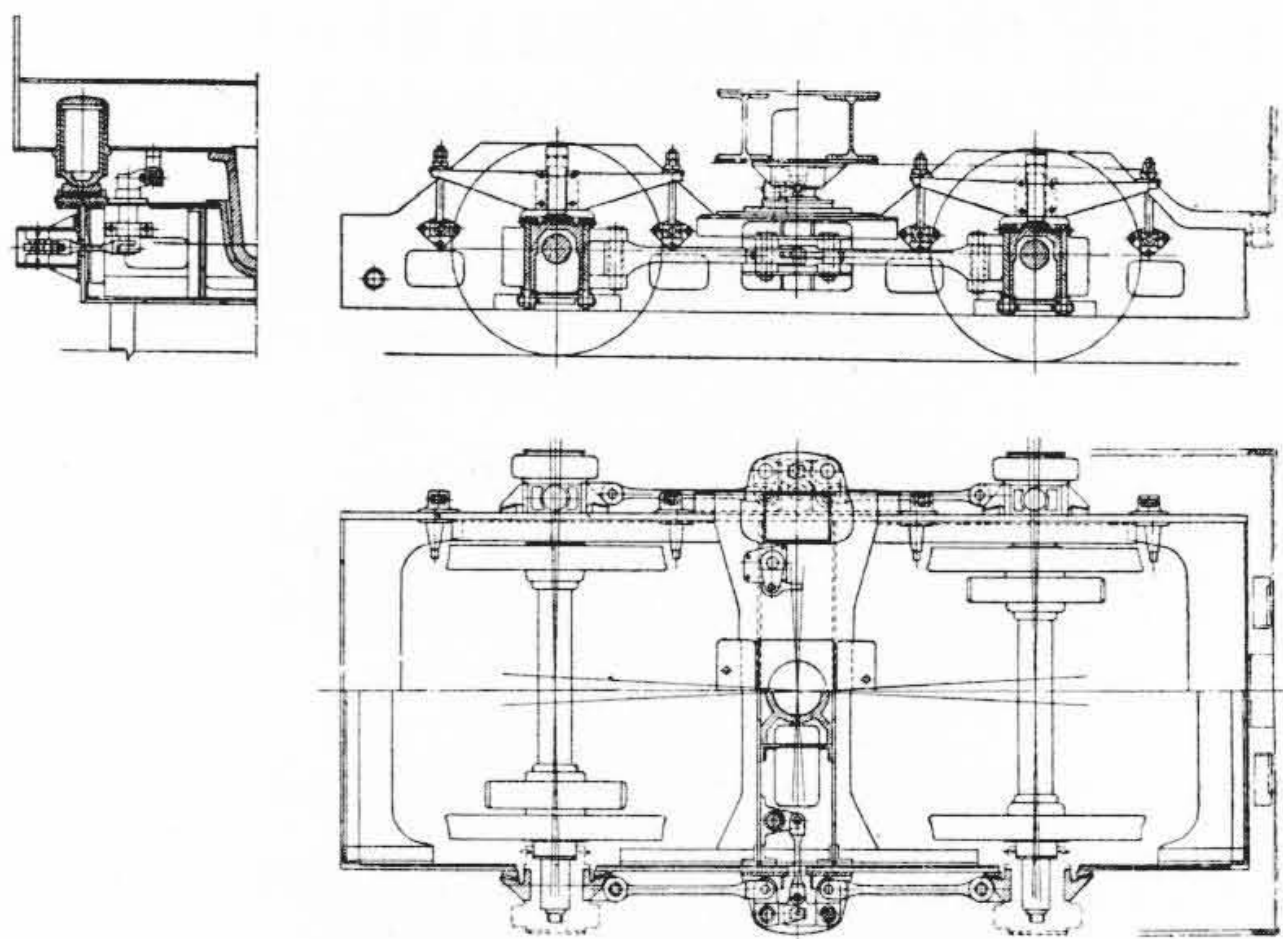
基礎制動装置は、現在使用されている鋳鉄製制輪子が速度に対して大幅に変動する摩擦係数を持っているために、レジン系統のライニングを使用するドラムブレーキあるいはデスクブレーキに相当地盤を侵蝕される可能性がある。

〔III〕 高速台車の例

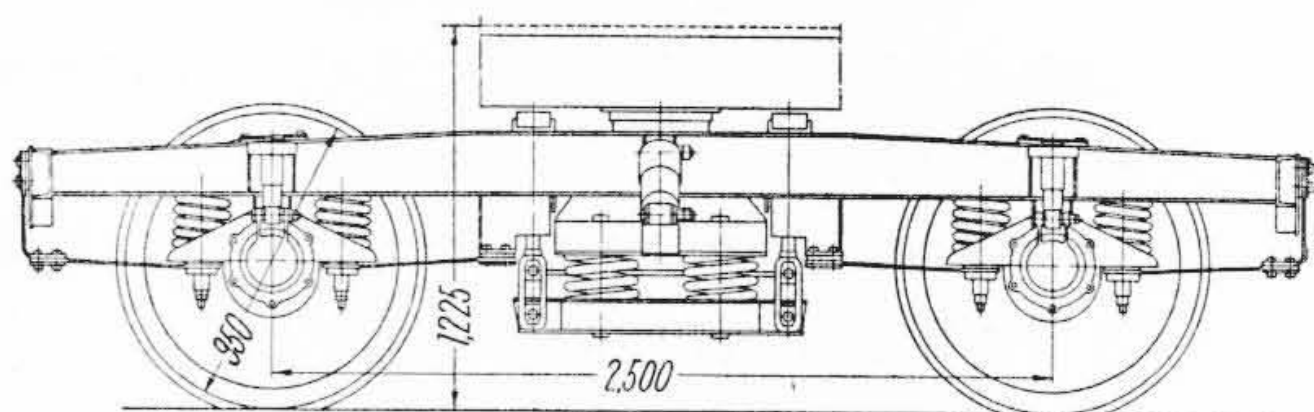
諸外国の代表的な高速台車の例として、ドイツのミンデン(第2図)、スイスのシュリーレン、SIG (第3図)、SLM (第4図)、アメリカのパイオニア号の台車(第5図)、などがある。

これらに共通していえることは

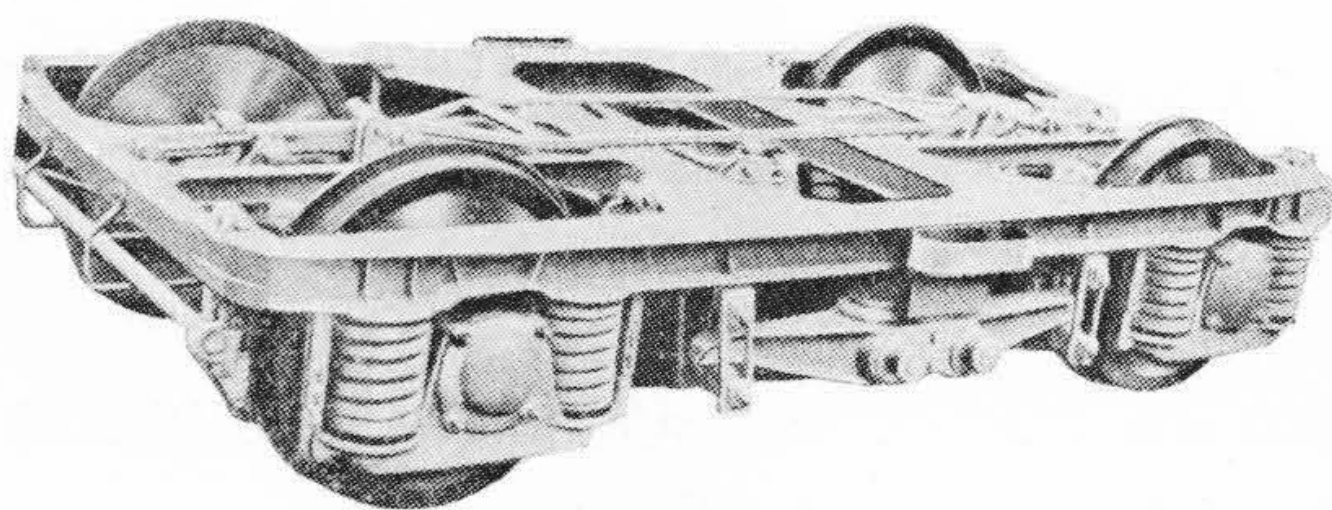
- (i) 軽量化に意を用いている。
- (ii) バネは固体摩擦を伴う板バネをやめて、すべて蔓巻バネの組合せである。
- (iii) SIG の台車は特に振り棒バネを採用している。
- (iv) 軸箱守部の構造にそれぞれ特長があり、軸箱の保持に特に留意していることが伺える。



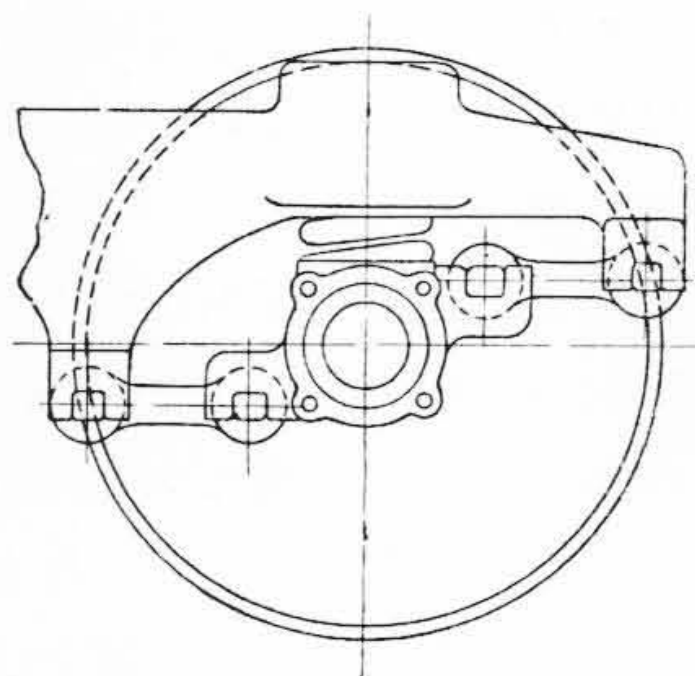
第1図 車軸向心装置をもつた台車



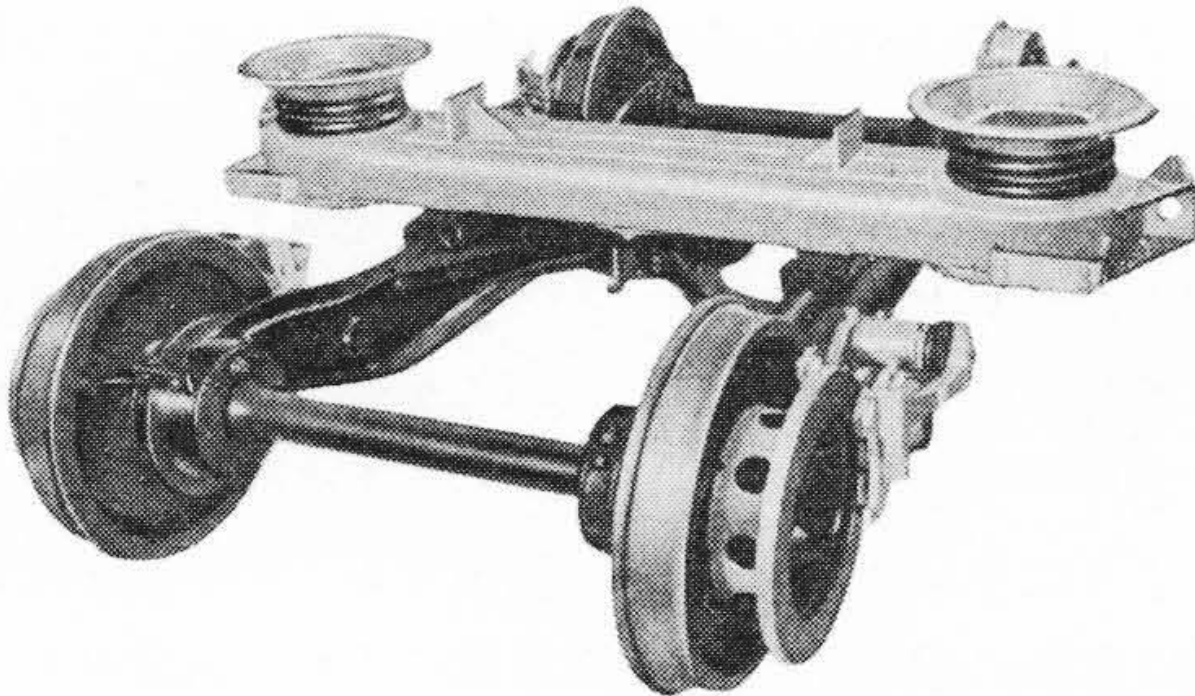
第2図 ミンデン台車



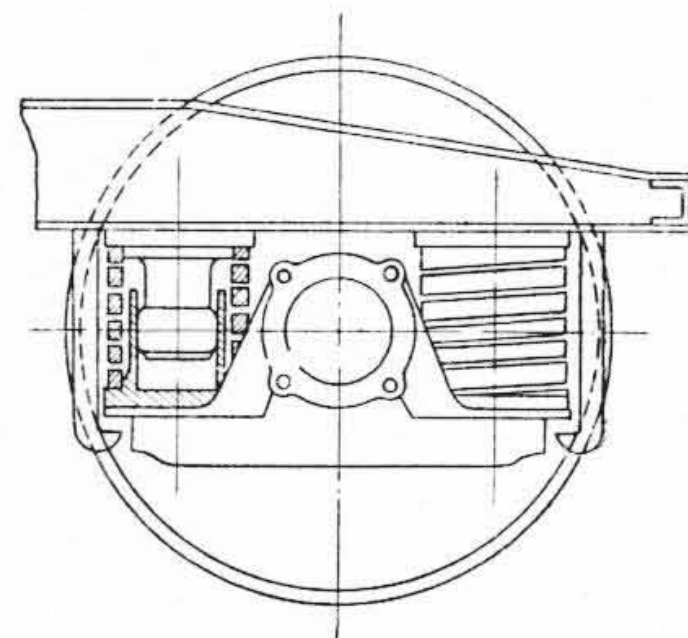
第3図 SIG 台車



第4図 SLM 台車の軸箱部



第5図 パイオニア号の空気バネ台車



第6図 シュリーレン台車の軸箱部

といった点であつて、ミンデン台車では第2図でわかるように、板バネで軸箱と台車枠を結びつけて全然摺動部分をなくしているの、200,000 km 走行後でも性能的な変化はほとんど見られないといわれている⁽⁶⁾。シュリーレンおよび SIG 台車ではウイングバネ式の軸箱を有し、このバネの中心部に、それぞれ台車枠および軸箱に固定されたピストンとシリンダを配置して軸箱の案内をさせている。その構造の詳細を第6図に示すが、シリンダの中には油が満たしてあつて摺動抵抗と磨耗を防ぐようになつている。このためピストン、シリンダの磨耗は年間 50μ 程度であるといわれ、これまた性能の変らないということを特に強調している。SLM 台車は軸箱を二つのリンクで台車枠に結びつけたもので、軸箱守は全然なく、軸箱中心は二つのリンクに拘束されて垂直方向の上下運動をする。リンク支点には防振ゴムを入れてガタの発生を防いでいる。パイオニアの台車は空気バネを採用しているので軸バネはなく、台車枠に直接軸箱が固定されている⁽⁷⁾。

わが国における高速台車としては、軸梁式軸箱を用いた KH-1 型台車(第7図)、OK 台車、MD 台車が戦後いちやく名のりをあげて、軸梁で軸箱を台車枠に支持する方式が蛇行波長を延ばすのに効果的であることを実証した。その後耐摩材料の進歩により軸箱守部の磨耗が少なく保たれるようになったので、性能の維持も割合に楽になつた。

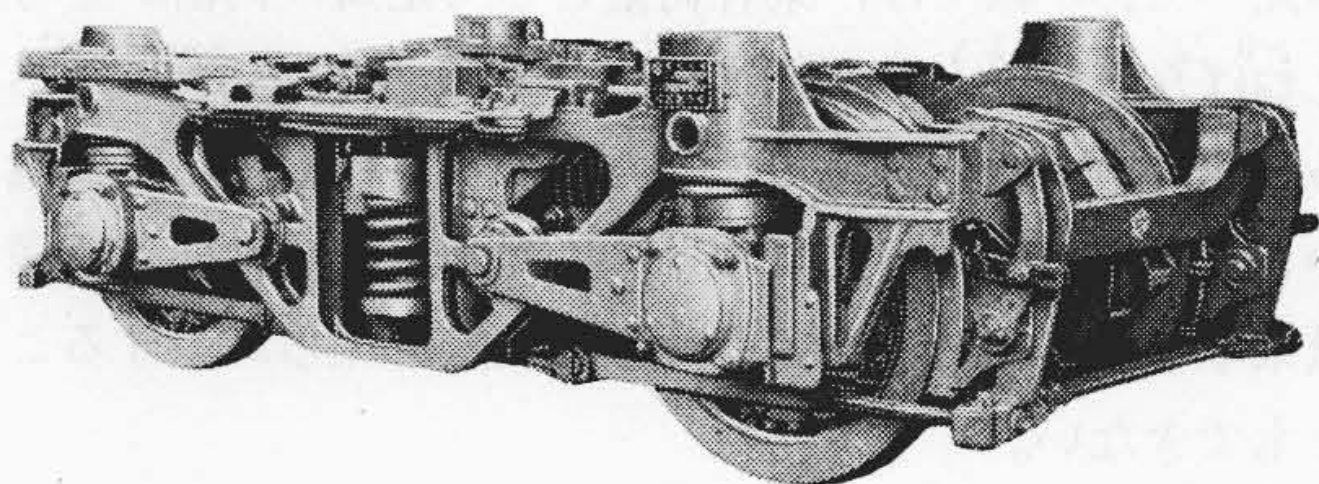
国鉄の 120 km/h 試験で格別の異常もなく走行したのは第8図に示す DT-17 型台車で、国鉄電車に広く採用されている。同じく国鉄の高速軽量客車用として製作された TR-50 形台車(第9図)は、123 km/h の走行試験でも非常に乗心地がよかつたと報告されている。

最近ではプレス品溶接構造の台車枠が多く用いられるようになったので、構造的な問題もあつてウイングバネ式の台車が多くなり、日立製作所においても KBD-107、108 型(第10図)のような台車も製作している。他社のものではシュリーレン型あるいは SLM 型の軸箱支持方式を採用したものも現われている。

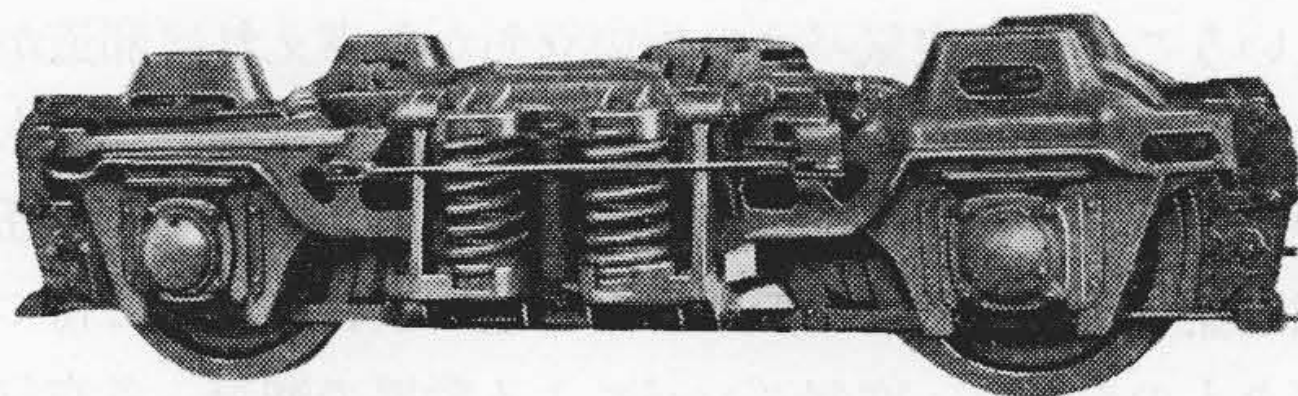
〔IV〕 考 察

以上述べたところから、結局高速台車として一番問題になるのは軸箱の支持方法ということになるであろう。これは台車枠に対して軸箱の関係位置を正しく保ち、二軸の蛇行波長をとらせることにより蛇行動をおさえるという意味を持つと同時に、その支持装置に磨耗部分をなくして、長期間にわたり性能変化を起させないような機構でなければならない。

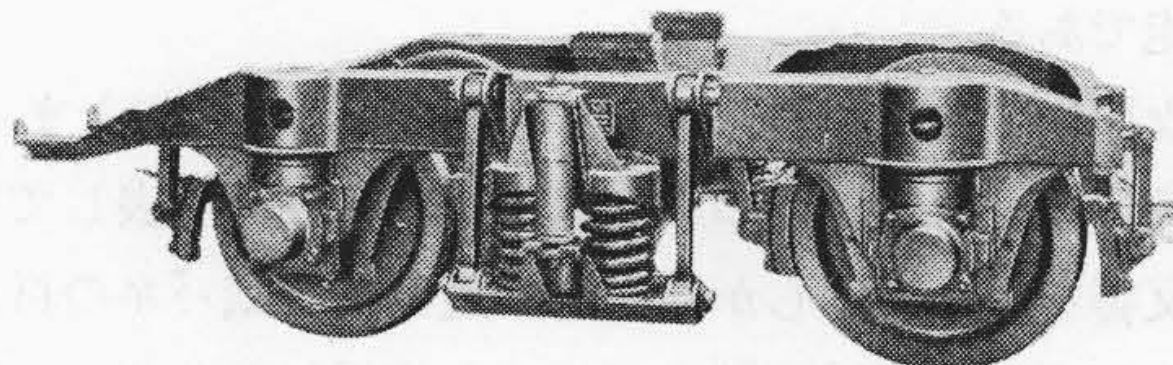
この観点から軸箱回りの構造を比較してみると、やはりミンデン型がもつともスッキリしていると思われる



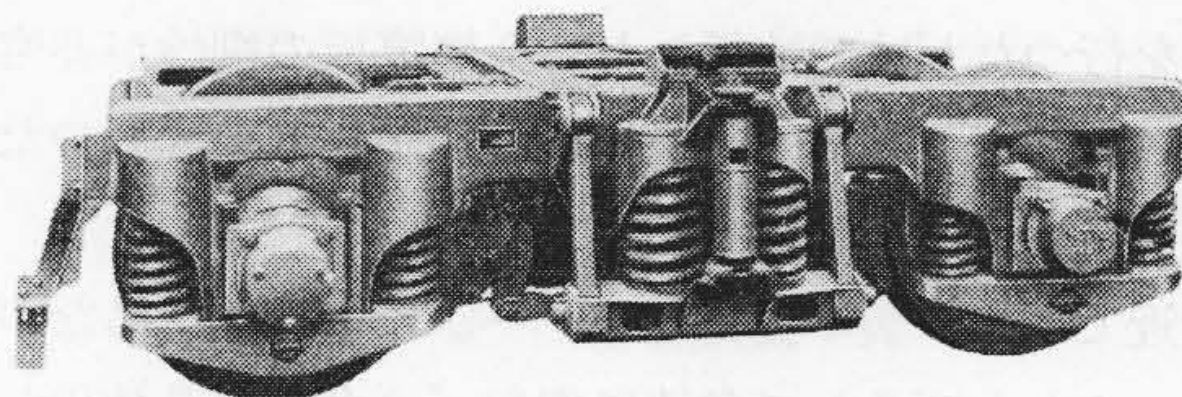
第7図 KH-1 型 台 車



第8図 DT-17 型 台 車



第9図 TR-50 型 台 車



第10図 KBD-108 型 台 車

が満空差の激しいわが国でははたして実施可能であろうか。国鉄の TR-50 形台車の設計の際にもいろいろと論議されたようであるが、軸箱と台車枠を結ぶ板バネの応力が高くなり過ぎるので不採用に終つたといういきさつもあり、なかなかむづかしい問題である。最近になつて空気バネを車輛に応用する気運が盛んになつてきたが、満員でも空車でもバネの高さが変わらないという利点を生かして、上記の機構を再考してみると興味深いものがある。

空気バネはまだ試作の域で完全に実用化されたとはいえないが、近い将来高速台車に採用されることは間違いないと思われる。振動特にビビリ振動の吸収にはもつとも効果的で、しかも大幅にバネ剛性を下げうることは、なんといつても魅力である。空気バネを使用すると台車構造もずつと簡略化できるので、いろいろの面から期待されるところが多い。パイオニアの空気バネ台車のごときは、まさに理想的な構造の簡素化が行われているといえる。

〔V〕 「日本的」高速台車の構想

「日本的」と特に断わらねばならないのは、欧米諸国

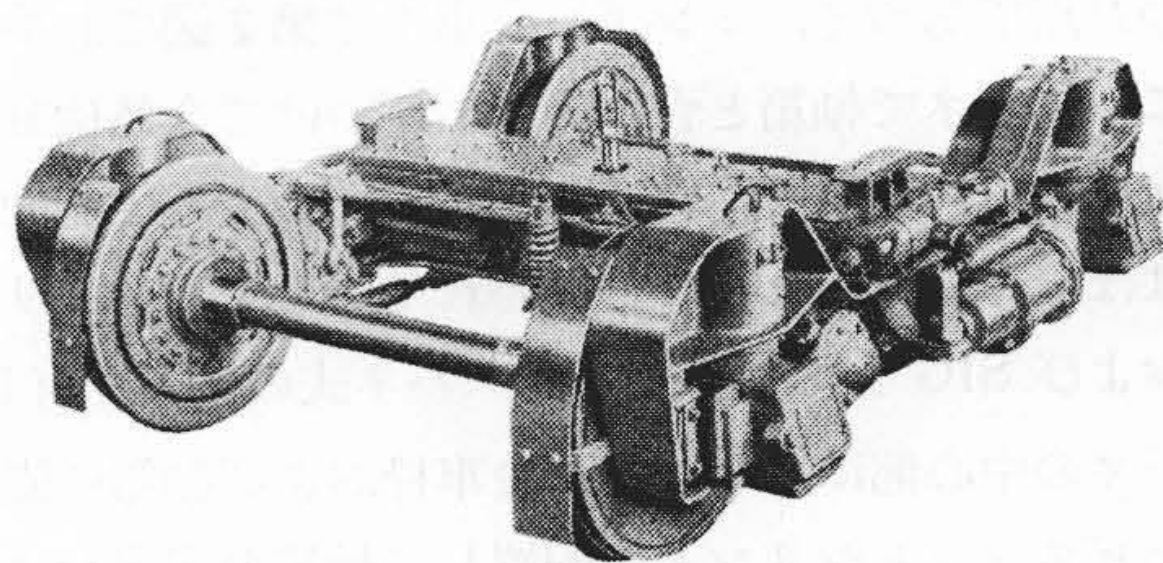
に比べてわが国では、乗客荷重として定員の何倍かを考えねばならないという悲しむべき宿命があるからである。思いきった軽量車のできないのも、斬新な台車構造のとれないのもすべてこの壁につき当るからである。満員乗車を考えると、バネ剛性を無制限に柔らかくすることもできない。

ここに一つの救いの道は空気バネの発達である。内圧を変化させて荷重に対応させ、バネ高さを変化させないということは、空気バネの生い立ちから考えれば邪道かも知れないが、日本の国情にはまったくよく適応したものというべきであろう。空気バネを使えばバネ剛性は任意に柔らかくとりうるので、乗心地の改善は期して待つべきものがあり、空気ダンパによる動揺の減衰、各空気バネ個々の圧力を制御することによる積極的な振動制御も可能である。

日立製作所では昭和22年すでにこれらの構想をまとめ、鉄道技術研究所主宰の高速台車研究会に発表して多大の反響を得た⁽⁸⁾。しかし当時は適当な空気バネの材料が得られず、金属膜板製のベローを使用したため、わずかに第11図に示す試作の路面用KL-1型台車の走行試験を行っただけで挫折した。金属膜板の剛性が非常に大きいことと、金属ベローの疲労限が意外に低かったことが前途をはばんだ訳である⁽⁹⁾。

最近ではゴム製の優秀なベローができるようになったので、ふたたびそして急速に空気バネ台車は具体化しつつある。台車の構造はおそらくずっと簡素化されるであろう。すなわち現在二つあるバネは一つの柔らかい空気バネに置き換えられる。軸バネは単にレールの不整に対応できる程度の剛いもの、たとえばゴムのごときものとして、軸箱は実際上台車枠に固定した形にもつてゆく。こうすれば一応二軸の蛇行波長は確保され、磨耗部分も存在しない。振動の問題は制御装置の成否いかんによるが、これの完成も時間の問題であろう。制動に対しては空気バネの内圧が荷重に対応しているので、これをピックアップして制動圧をコントロールすればよい。

こうして形としてはパイオニアの台車に近づくけれども、「日本的」な観点から出発した高性能で保守容易な



第11図 KL-1型 空気バネ台車

高速台車の構想が浮び上ってくる。

さきにちよつと触れておいた車軸向心機構も、なんらかの形で実現させねばならないであろう。

〔VI〕 結 言

非常に概念的ではあるが一応高速台車の性格を検討し、現在考えられる130~160km/hという速度に対し、速度そのものはあまり問題にならないであろうが、結局のところ摺動部の磨耗が問題になるであろうということと、日本的高速台車としては空気バネ台車が適しているのではないかということ述べた。

文中ことさらに電車用台車と客車用台車を区別せずに検討を進めたが、両者は考え方として大きな差異はないはずである。また本文に省略したタルゴ列車のような一軸台車、あるいは最近各所で試験のニュースを聞くモノレールカーの台車などには興味をひかれるけれども、これらはまた別の機会に検討してみたいと思う。

参 考 文 献

- (1) J. R. E. A : 列車運転の高速化に関する研究試験報告 (昭29)
- (2) 機械学会 : 「車輛の高速化」座談会資料 (昭30)
- (3) 飯島 : 日立評論 38, 1493 (昭31-12)
- (4) 山本 : 電氣車の科学 Vol. 9, No. 6 P. 10 (1956)
- (5) Roman Liechty : E. B 2 17 (1940)
- (6) Adolf Mielich : E. T. R. 11 462 (1956)
- (7) G. A. Gaebler : E. T. R. 9 351 (1956)
- (8) 青木 : 高速台車振動研究会資料 No. 72および75 (昭22)
- (9) 飯島 : 日立評論 33, 647 (昭26)