新幹線に使われるばね

The Springs and the New Tokaido Line

富 田 勝 信*

Katsunobu TOMITA

新幹線に使われるばねの種類は現在線の場合同様非常に多く多岐にわたっているが、現在線に使われていない全く新しいばねというのは少ない。しかし、新幹線は現在線に比べて、列車運行速度が大きいという点が最大の特徴であって、そのため起り得る各種の振動の種類、大きさなどの特性を想定し、これをいかに吸収するかが大きな問題であり、ばねとしてもこの意味から調査、研究、試作が進められ現車試験の結果を種々検討、改良が加えられて漸く量産化が決定した。特に話題となるような二・三のばねを取上げて紹介する。

1. 架 線 関 係

電車の集電装置として最も優秀な架空電車線方式でも、集電速度が大きくなると、パンタグラフすり板がしばしば電車線から離れて離線という現象を起し、満足な集電ができなくなる。すなわち集電限界速度があり、たとえば現在線のシングルカテナリーでは 140km/h 程度である。新幹線の場合には 200~250km/h の速度が想定され、そのため架線構造を全く新しい様式にした。すなわち合成架線である。合成架線とは「適当なばね定数、等価質量、機械抵抗をもった合成架線素子を作り、これを架線の一部に挿入し、架線の三要素を架線各点で均一とした架線」である。合成架線素子は要するに適当な架線の三要素をもっていればよいのであって、弾性作用としてはコイルばね、板ばねなど各種のばね、ダンパとしては空気、油、固体摩擦など種々のものが利用できる。多くの実用試験の結果、コイルばね、空気ダンパ併用型の合成架線線子に決定した。最終的にはコイルばねは 3.5 または 3.8mm のピアノ線を用いた初張力を有する引張コイルばねで、そのばね定数は 0.05, 0.10, 0.20 kg/mm であった。このばねにエポキシ樹脂塗料を浸漬焼付の上、リテーナとの接触部分には防錆グリースを塗布して、さらに空気ダンパと共にステンレス鋼製の筒の中に組み入れられている。

なおこの外に風圧などによる架線の振止めおよび曲線

引きのための金具が使用されているが、これにはステンレス鋼線製の引張コイルばねが用いられている。

第1図 合成架線素子および振止め防止金具

2. 車 両 関 係

2.1 マクラばねとしては現在線において空気ばねが相当使用されて来たが、ばねが横方向にやわらかいので、一般にアンチローリング機構が使われている。新幹線としては横変位に対する安定性のすぐれた特殊なダイヤフラム形空気ばねに落着いた。なお左右動ダンパが併用されている。

2.2 軸ばねとしてはウィング式で直径 30mm と 20mm の SUP9 のミガキコイルばねが用いられており、今までは余りつかわれていなかった軸ばねダンパが併

* 鉄道技術研究所

用されている。

2.3 従来の台車の軸箱支持方法は大部分軸箱と台車枠の間にすり板を使用するすり板方式であったが、すり板の摩擦と共に蛇行動に対する性能が悪化する。蛇行動防止のために試作されたミンデン式を始めとして各種の軸箱支持装置について諸種の試験を行い検討した。その結果新しく考案した I S 式軸箱支持装置の採用となった。これは軸箱の前後に撓み板を固定し、そ

第2図 I S式軸箱支持装置

の前後端にゴムブッシュを使って前後左右のばね定数を一定範囲におさえている。また撓み板およびブッシュのたわみによって軸ばねの上下運動をさまたげないようにしており、摩擦もなければ摩擦部分もない。ボルト締めその他に一方の端の一部にセレーションを設け、軸箱にも同様にセレーションを設け、互いにかみ合せて、大きな横圧が作用しても撓み板が廻らないようにしてある。撓み板の板巾の中央部には巾30mmの溝が軸箱寄りの長さ方向のほぼ中央まであり、撓み板にたとえ亀裂が入っても折損にいたらないように工夫されている。

材料は Cr-V 鋼で加工、熱処理後表面は研磨仕上をし、その上にポリウレタン樹脂系の塗料で表面を保護している。

2.4 異常蛇行動防止のためにピン、ブッシュのない、がたのないボルスタアンカが用いられ、前後弾性が適当で、上下左右、コジリ方向にはほとんど抵抗のないものとした。心棒として中空の軸を用い、その両端に金具をとりつけその中に半割りの球形ゴムをだいている。

2.5 その他パンタグラフ用として 10mmφ の主ばねと並列にオイルダンパ（下げに対して片効き）を1個入れて上下動共振時の振巾の増加を防止したり、腰掛け背ずりに S ばねを横にならべ、腰椎骨の当たる部分

にはつづみ型コイルばねを組合せて使ったり、その他各種の機器の内部に数多くの種々のばねが使用されているのは勿論である。

3. 軌道関係

軌道関係では十数年前コンクリート枕木の出現にやや後れて、従来犬釘で止められていたレールの締結にばね（スプリングクリップといっている）を用いたいわゆる弾性締結法が採用された。その後逐次試作改良が加えられ、各種の弾性締結法が使用され、その有効性がたしかめられていた。またその使用量も年と共に急増した。

新幹線の場合には 25m レールを溶接または圧接した長大レール（1500m）を使用することになり、さらに鉄橋以外の大部分の枕木は PC コンクリート枕木を使用することになり、充分しっかりした弾性締結が必要である。さらに列車の運行速度が大きいため従来より大きい横圧（レールを横方向に押す力）が発生することが想定された。

そこで 102 型と称する特殊な締結装置が採用された。その締結装置のばねとしては主ばね、横押えばね、円形ばねの三種類が使われており、主ばね、円形ばねは主として上下振動の吸収に働き、横押えばねは常時はレール側方にわずかに密着して、時に発生する大きな横圧

第3図 102型 弾性締結装置

に耐えるようにしたものである。横押えばねははじめての試みであり、その必要性が相当論議されたようであるが、設計者の想定どおり、モデル線（綾瀬—鴨ノ宮）における 200~250km/h 運転の際の強烈な横圧（特別に条件を最悪にして行った実験の場合に発生した）の発生に対して見事その機能を発揮した。

従来の各種のスプリングクリップは平均応力約 60kg/mm² になるように締付け、応力振巾はわりに大きい型

式であったが、新幹線においては、一時に膨大な量を必要とし（約 600 万セット）経済的な面からも、平均応力約 100kg/mm^2 で応力振巾を極力少くするように設計され、ばね重量を極端にへらした。このためばね製造面では性能保持のために各種の制約が設けられた。しかし試験項目はできるだけ必要性を充分吟味して取捨選択が行われた。すなわち材料としては SUP9 または SUP6 とし、その選択はばねメーカーの自由意志に委された（しかし実際に製造されたものは全て SUP9 であった）。ばね硬さはブリネル凹痕径で $3.0\sim 3.2\text{mm}$ とし、従来のものの範囲で高目の方にせばめた（従来は $3.0\sim 3.3\text{mm}$ であった）。また始めに弾性試験、曲げ試験などが提案されたが、種々の実験の結果から、これらを試験項目から除いても他の試験に合格すれば充分満足する性能が保証されることが判った。

従来のスプリングクリップは腐食のために折損することが多かったので、すでに数年前から実施していた軌道防食法の研究（数十種類の防食法について）の途中成果を利用して特殊な防食法を行うこととした。すなわち、スプリングクリップはショットピーニングを行い、直ち

にジンクリッチペイント（従来のジンクダストペイントと異なり Zn 粉末の%が多いもの）を塗布乾燥し、その上にフタル酸樹脂エナメルを 2 回塗布焼付けを行うことで電気化学的防食効果をねらった。また海岸線から 1km 以内の場所および長大ずい道内のスプリングクリップ（約 90 万セット）はショットブラスト（酸洗いは禁止した）した上に溶融亜鉛めつきを行った。溶融亜鉛めつきは従来から一部のスプリングクリップにはすでに実施していたが、ジンクリッチペイントについては、ばねに利用されたのは始めてであろうし、またこれだけ大量に使用されたことも始めてであろう。従ってばねメーカーは各社共、ばね製造設備の新設、増設はもとより塗装関係の設備の新設を実施し、塗装技術の向上、塗料の改善に見るべきものがあり、日本のばね界、塗料界のためにも非常によいことであった。

なおこの外に、ずい道または高架上木ブロック直結用タイプレート、橋上ロングレール用タイプレート、レール継目用タイプレートのクリップとして特殊なスプリングクリップ、ワッシャーなどが用いられている。