

近年の 歯車装置 の開発動向

TD継手の開発

昭和初期の電気鉄道車両の駆動方式は、電動機が輪軸と台車枠の間に橋渡しされた「吊り掛け」方式であった。しかし、近年の車両の高速化に伴い、今ではばね下質量を小さくした「カルダン」方式が主流となった。

カルダン駆動方式では、電動機をばね上の台車枠に装架することから、歯車装置の小歯車軸と電動機軸との間に生じる相対変位を吸収する必要がある。直流電動機の時代には「中空軸平行カルダン駆動方式」が主流であった。中空軸平行カルダンは電動機軸を中空としてねじり軸を通し、ねじり軸の端部に設けた2組のたわみ板がたわむことによって軸間の相対変位を吸収する方式である。その後、直流電動機は誘導電動機へと移行し、中空軸は中実軸に替わり、小歯車軸と電動機軸の相対変位を吸収するためのコンパクトな可とう継手を構成する必要が生じた。当社では、可とう継手として従来の中空軸平行カルダン駆動方式のたわみ板継手とねじり軸をコンパクトにした「TD継手」を開発し、1969（昭和44）年に実用化した。これは、たわみ板としては従来と同じ特殊鋼であるが、より軽量で耐久性の高い炭素繊維強化プラスチック（CFRP）を用いたものを開発し、1989年に実用化、現在では主流となっている。

カルダン駆動方式の可とう継手では、TD継手の他にも歯車型継手（WN継手）が使われており、国内のシェアを二分している。TD継手のたわみ板はCFRP製のため、組立作業中に傷を付けないよう注意して扱う必要がある一方で、歯車型継手は保守時に歯部を清掃し、グリースを交換する必要がある。また、TD継手は高速回転時に風切り音が発生するという難点があったが、これを低減するために円筒形状のTD継手を開発し、N700系新幹線（グリーン車）や台湾新幹線等に採用されている。

アルミニウム合金製歯車箱の開発

新幹線の高速化実現には、台車のばね下質量を軽くする必要がある。歯車箱を従来の鋳鋼製からアルミニウム合金製とする開発を進めた。実用化は、300系新幹線車両から採用された。

300系新幹線は1992年より営業運転が開始されたが、アルミニウム合金での歯車箱の開発は1980年代後半ごろから基礎研究が始まり、実用化には5年以上の歳月を要した。鋼に比べて靱（じん）性の低いアルミニウム合金を厳しい環境下の歯車箱に採用するに

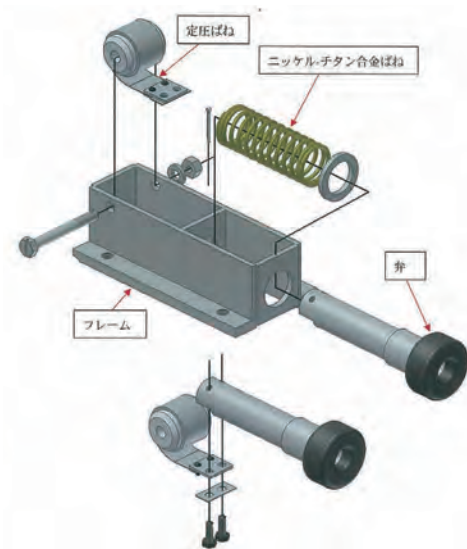
は、剛性を高めるための基礎試験や解析を繰り返し行い、材質や熱処理条件、各部の鋳物の厚さや形状を設定した。また、線膨張係数の差による軸受隙間や、各鋼製部品へのあらゆる影響を考慮したバランスの良い設計を行い、試作を繰り返した上で定置試験や実車での走行試験を実施した。

油量調整装置の開発

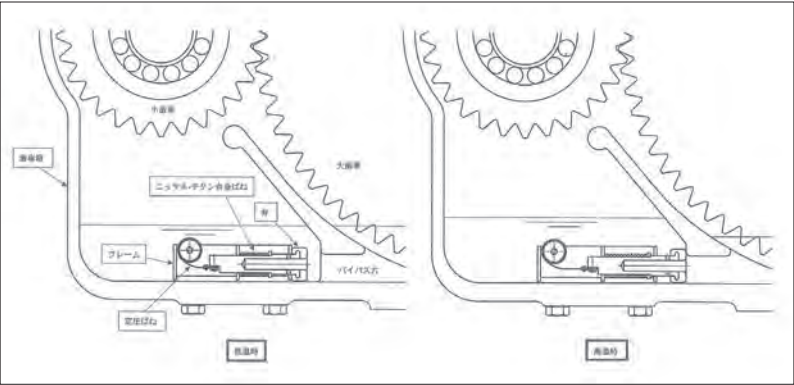
新幹線の高速化実現に向けてのもう一つの重要課題が、歯車装置の温度上昇を抑えることであった。新幹線のような高速車両では大歯車の回転速度が大きく、潤滑油がかくはんされて歯車箱内の温度が上昇しやすい。歯車装置の温度が上昇すると潤滑油粘度が低下し、潤滑油の寿命や潤滑油膜の形成に悪影響を及ぼすこととなる。新幹線相当の速度においては、歯車箱内温度は100℃を超えることも想定される。当社では、歯車装置の温度上昇を抑制する手段として「油量調整装置」を開発した。

歯車装置は、所定の温度を記憶した形状記憶合金を利用したばね（ニッケル-チタン合金ばね）を用いた装置で、歯車箱下部の仕切られた一室に設置され、仕切り壁にはバイパス穴が開けられている。この穴は約40℃を超えると自動的にふさがり仕組みになっており、仕切られた空間に一部の潤滑油が溜まる。低温時には軸受を潤滑するために充分量の潤滑油が必要であり、高温時にはかくはんに寄与する油量を必要最小限に制限し、かくはん熱を低減することが理想的な潤滑である。

当社が開発した油量調整装置が理想の潤滑状態を実現し、高速走行時の温度上昇を抑制している。油量調整装置を使用することにより、最大10℃以上の温度低減が可能なことは試験結果からも分かっており、油量調整装置と並行して歯車箱の形状を真円に近づけて潤滑油のかくはん効率を高める研究も進めており、300系新幹線で初めて油量調整装置が実用化された。以降、国内新幹線の500系、700系やN700系の他、海外向け的高速車両にも採用されている。



油量調整装置の構造



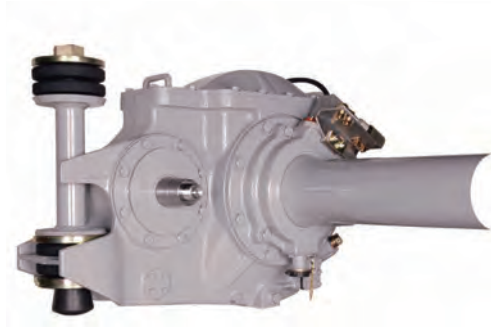
油量調整装置の機能



円筒形状TD継手



アルミニウム合金製歯車箱



FCD（球状黒鉛鑄鉄）製歯車箱

FCD(球状黒鉛鑄鉄)製歯車箱の開発

近年、全閉化による電動機の低騒音化、すなわち歯車装置の低騒音化が顧客ニーズとしてクローズアップされるようになった。従来の在来線では、歯車箱は鑄鋼製が主流であったが、当社では鑄鋼に替わる歯車箱鑄物としてFCD（球状黒鉛鑄鉄）製歯車箱の開発を進めてきた。一般的にはマンホールのふた等でなじみ深いが、振動減衰率が高いという特性を持ち、騒音を低減する効果がある。また、鑄鋼に比べて切削性が良く、加工工数も低減できる。しかし、FCDを歯車箱に採用するに当たっては鑄鋼に比して伸びが小さい点を考慮する必要がある。そこで、飛石等による耐衝撃性能を落下衝撃試験によって確認し、鑄鋼よりも板厚を若干厚めに設定した。FCD製歯車箱では、基本的に溶接を廃止し、シンプルな形状・構造としている。ただし、鑄物の欠陥等に対しては補修が不可能なため、欠陥しにくい設計形状に配慮している。

FCD製歯車箱は2001年から採用され、現在では鑄鋼製のものもFCDに変更するなど、当社の歯車箱が主流となっている。

寒冷地高速車両用軸受

歯車装置の軸受には、円すいころ軸受が標準的に使用されている。円すいころ軸受では、ころが軸に対して傾斜となり、ラジアルとスラスト荷重を同時に受ける構造になっている。

円錐ころ軸受は内外輪の温度差によって軸受の隙間が変動し、ころ端面は内輪のつば部とすべり接触しているため、潤滑油の粘度が高い低温環境下での起動時には、良好な潤滑状況を維持する上で注意が必要となる。特に海外の寒冷地向け高速車両の案件では最低気温が－40℃にまでなり、国内新幹線の最低気温－20℃よりもさらに低い厳しい条件下での使用が求められる。これらを考慮し、当社では寒冷地向けの小歯車軸受には円筒ころ軸受と4点接触玉軸受を組み合わせた方式を採用している。寒冷地向け高速車両のニーズは今後も増えることが予想され、小歯車軸受方式の需要はさらに高まるものと思われる。