

鉄道一般
車両
施設
電気
運転・輸送
防災
環境
人間科学
浮上式鉄道

# シンプルな構造とセンシング技術で鉄道車両の保守を効率化する

鉄道車両は、一定の期間や走行距離ごとに、車両基地で各種の定期検査を行い、適切に修繕することで、安全に走行できる状態を維持しています。ここでは、鉄道車両の保守のうち、とくに台車の保守作業を効率化する技術として、シンプルな構造の車体傾斜台車、空気圧による台車枠のき裂検知、打撃試験によるゴム部品の状態判断、潤滑油センサーによる歯車装置潤滑油の状態監視について紹介します。

## シンプルな構造の車体傾斜台車

保守を効率化する方法の一つは、保守が必要な箇所を減らすことです。近年、一般の台車は、構造がシンプルになりましたが、振り車両(☞参照)の台車にはまだ課題があります。車体を傾けるための振りばりが、ころなどの軸受を介して台車枠上に搭載されています。そのため、一般の台車に比べ、構造が複雑で部品点数が多いこと(図1)と、可動部が多く摩耗や剥離が生じやすいことから、台車のメンテナンスに時間と費用を要しています。一方で、台車構造が簡単な車体傾斜方式として、空気ばね車体傾斜が新幹線などに採用されています。しかしその構造上、最大傾斜角が2°程度であり、

振り車両の5~6°に比べて小さいことから、急曲線の連続する在来線では、乗客が感じる遠心力を低減することが難しくなるケースが想定されます。

そこで鉄道総研では、振り台車と同等の最大傾斜角をもち、振り台車に比べて構造が簡単な、アンチローリング装置(☞参照)を活用した、アクティブトーションバー式車体傾斜台車を開発しました(図2)。

機構を図3に示します。一般的なアンチローリング装置のトーションバーに強制的なねじり力を与えて、車体に傾斜力を与える構造です。ねじり力の発生には、ロータリーアクチュエーター(☞参照)を用います。ねじり力は、アームと上下リンクを介して台車に伝



**小島 崇**  
Takashi Kojima  
車両構造技術研究部  
走り装置研究室  
副主任研究員



**風戸 昭人**  
Akihito Kazato  
車両構造技術研究部  
走り装置研究室  
主任研究員(上級)

### ☞ 振り車両

曲線走行中に車体を内側に傾けることで、乗客が感じる遠心力を低減し、乗り心地を確保しながらスピードアップを実現する車両。

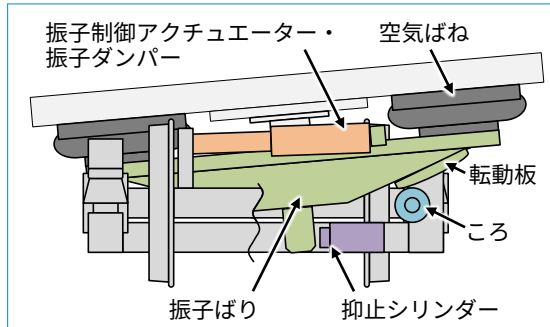


図1 従来の振り台車の構造

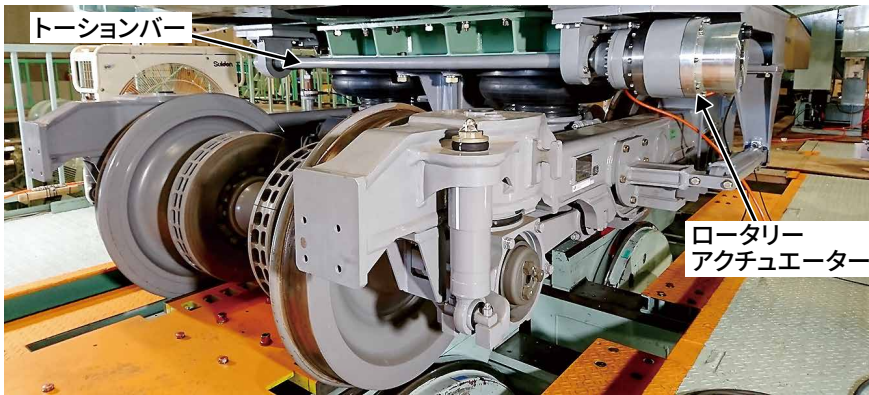


図2 開発したアクティブトーションバー式車体傾斜台車

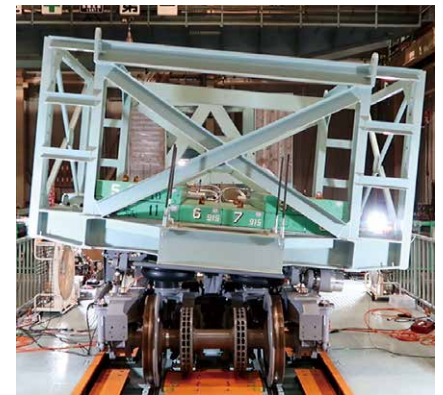


図4 車両試験装置による走行模擬試験 (5°傾斜時)

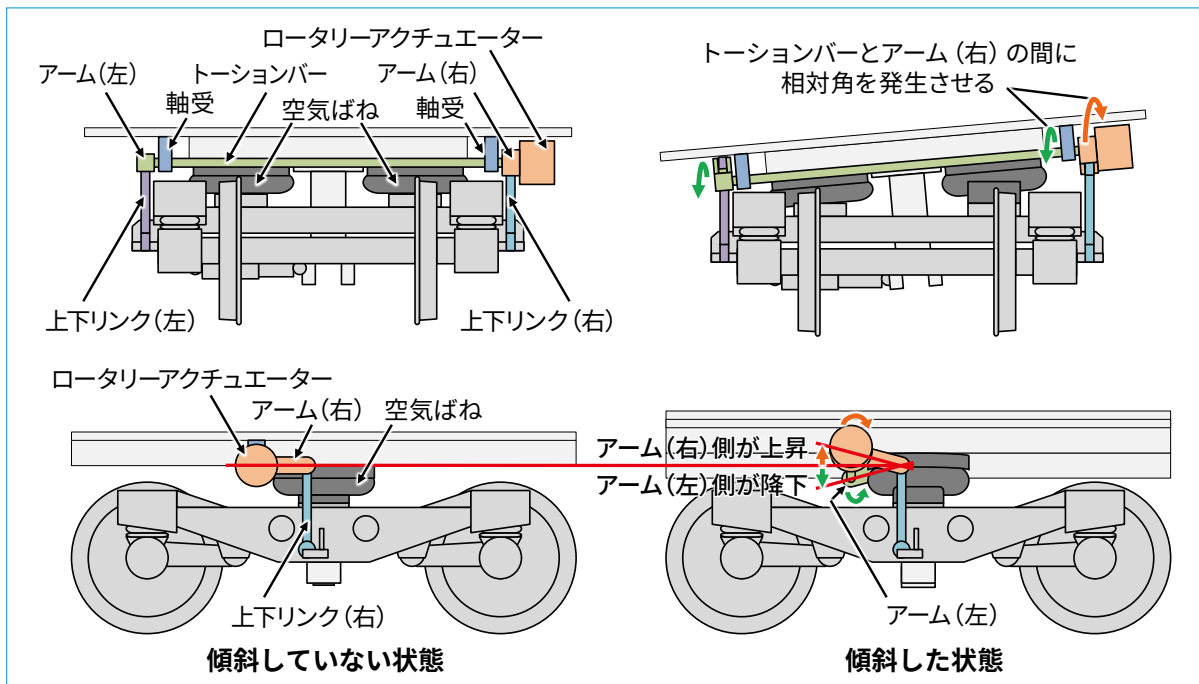


図3 アクティブトーションバー式車体傾斜台車の構造

達され、その反力が、軸受を介して車体に傾斜力として作用します。車体傾斜による空気ばねの上下変位を許容値内に収めるため、空気ばねの左右間隔を一般の台車よりも狭めています。

車両試験装置を用いて実走行を模擬

する試験を行った結果、振りばりやころなどの複雑な構造を用いずに、振り台車と同等の車体傾斜(5°)が可能なのが確認できました(図4)。また、傾斜システム故障時にも安全に走行できることを確認しました。

### 空気圧による台車枠のき裂検知

比較的手間のかかる台車検査の一つに、台車枠の磁粉探傷検査があります。台車枠の磁粉探傷検査は一般に、検査箇所ごとに、電磁石を当てて磁化しながら蛍光磁粉を吹き付け、ブラックライトを照らしながら表面のきずの有無を目視するものです。付属部品の取り外しや塗装剥離などの準備作業にも時間を要します。一般に探傷検査は、重要な箇所限定で行われます。探傷箇所を増やせば、その労力も必要とします。鉄道総研では、検査箇所以外のき裂の発生についても検知できるよ

#### アンチローリング装置

車体の上下方向のばね作用を阻害せずに車体のローリング(進行方向を軸とする回転運動)を抑える装置。一般に、トーションバー(ねじり棒)、アーム、上下リンク、軸受で構成されます。

#### ロータリーアクチュエーター

電気などのエネルギーを回転運動に変換する装置。ここでは、電気モーターと減速機を組み合わせた装置を指します。

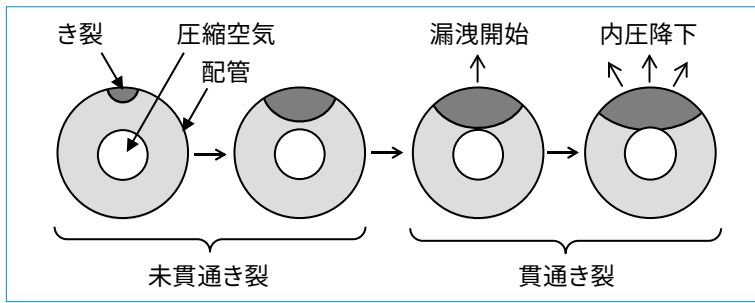


図5 破断前漏洩の模式図(配管の断面図)



図7 無線圧力センサーによる台車枠内圧測定

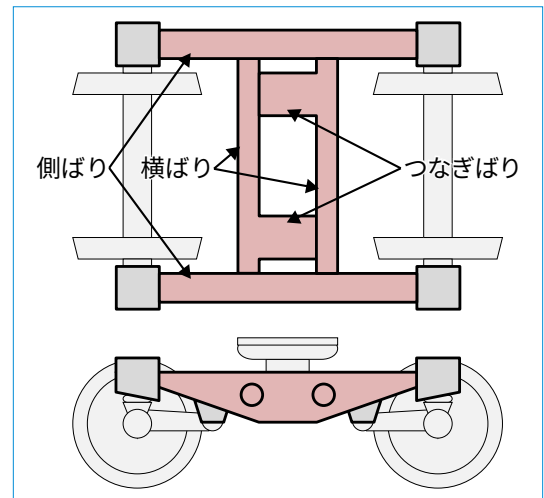


図6 き裂検知のために圧縮空気を封入可能にした箇所(赤色部分)

うに、破断前漏洩(図5、参照)を適用し、貫通き裂を検知する方法を検討しました。

台車枠の横ばりに圧縮空気を封入し、繰り返し荷重をかける試験を行った結果、折損に至る前に十分な余裕をもって内圧の低下によりき裂が検知できることがわかりました<sup>1)</sup>。そこで、図2に示した車体傾斜台車に、台車枠の横ばりと側ばりに圧縮空気を封入できる構造を取り入れ(図6)、圧力センサーを配置しました。台車に圧力センサーを装備することで保守量が増加するこ

とは避けなければなりません。そこで、受信機を近づけて測定可能な、電源不要の温度センサー付き無線圧力センサーを採用しました(図7)。

車体傾斜台車(図2)の台車枠に圧縮空気を封入し、無線圧力センサーで内圧を1年間測定した結果、圧力測定値を温度で補正することで、台車枠内の圧縮空気が漏洩していないことを確認できました。

この検査方法は、従来の重要な箇所に対する磁粉探傷検査の代替にはなりません。台車枠全体に対して作業量を大幅に増やさずにき裂の発生を検知するのに有効です。

### ゴム部品の状態判断

台車には、振動や衝撃を抑えたり、輪軸などの台車部品を適切な位置に保持するために、さまざまな箇所にゴム部品が使用されています。ゴムは経年で硬さが変化したり、内部が損傷するため、交換が必要です。しかし、目視

で状態を判断することは非常に難しく、すべてのゴム部品を台車から取り外して試験機にかけるにはかなりの手間が必要です。そのため、継続使用できる状態であっても、交換される場合があります。そこで、打撃試験によって、車両から部品を取り外さずにゴム部品の状態を判断する方法を検討しました。

図8に、ヨーダンパー(参照)の緩衝ゴムを打撃試験で検査するイメージを示します。一般に、ヨーダンパー本体とダンパー受けの間には、緩衝ゴムが設けられています。ダンパー本体とダンパー受けに加速度センサーをマグネットで貼り付けます。ダンパー受けをハンマーで打撃し、発生する振動を加速度センサーで測定し、ダンパー受けから緩衝ゴムを介してダンパー本体へ伝わる振動の伝達特性を評価することで、緩衝ゴムの状態を判断します。

低剛性(やわらかい)と高剛性(硬い)の2種類の緩衝ゴムに対して打撃試験を行い(図9)、伝達関数の振幅比(参照)を計算した結果(図10)、緩衝ゴムの硬さによって、振幅比のピーク周波数が異なることを確認しました。正常な緩衝ゴムのピーク周波数を基準値として設定し、対象の緩衝ゴムのピーク周波数が基準値から外れたかどうかによって、緩衝ゴムの経年や損傷によ

#### 破断前漏洩

原子力機器等で使われる構造健全性評価手法で、配管にき裂が発生した場合、内部の流体が十分に漏洩したあとに破断するという考え方。

#### ヨーダンパー

台車の旋回運動を減衰させて走行安定性を向上させるために、台車と車体の間に取り付けられるオイルダンパー。

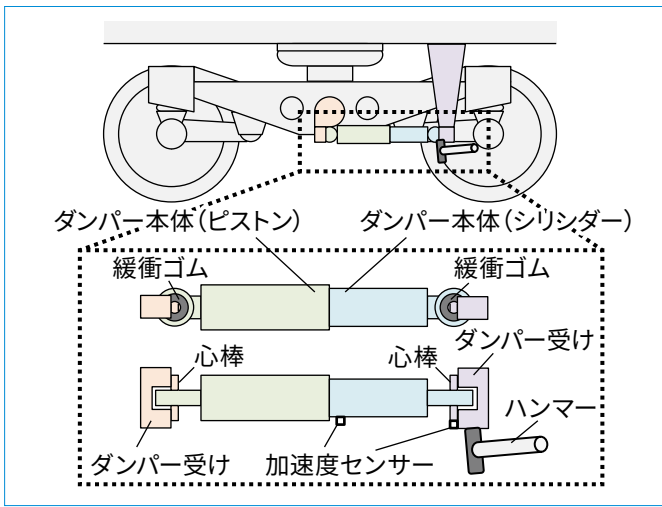


図8 打撃試験によるヨーダンパー緩衝ゴムの検査のイメージ



図9 打撃試験

る硬さの変化が判別できる可能性があります。ことがわかりました。

### 歯車装置潤滑油の状態監視

歯車装置 (☞参照) は、損傷すると重大な事故に至る可能性の高い装置の一つです。損傷が発生するたびに、解体検査時の検査項目が増加していく傾向があります。一方、非解体での検査は一般に、歯車箱に入っている潤滑油の量や色を油面計から目視で確認するのみです。そこで、作業量を増やさずに歯車装置潤滑油の状態を簡易に把握する方法について検討しました。

歯車装置の損傷は、多くの場合、初期段階において、歯車の異常なかみ合いによって発生する歯車の摩耗粉が潤滑油に混ざることによって、潤滑油の中の鉄

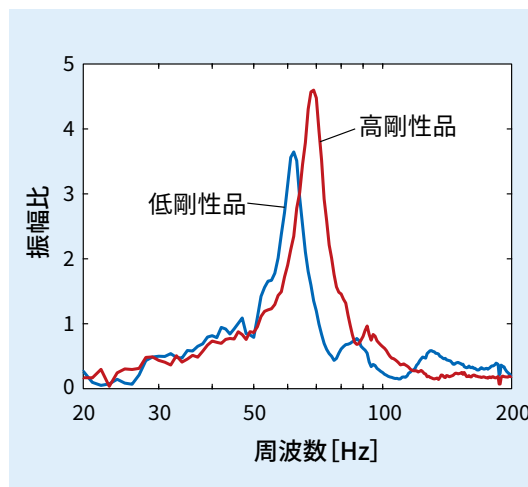


図10 ダンパー本体とダンパー受けの加速度の振幅比



図11 試作した潤滑油センサー

粉の濃度が高くなります。この鉄粉濃度の変化を把握するため、磁気バランス式電磁誘導法を用いた潤滑油センサーを試作しました (図11)。

このセンサーは、潤滑油に浸るように歯車箱に取り付けることを想定したものです。例えば、図7に示した圧力センサーと同じように、非接触で電源供給と通信を行うことで、作業量を大幅に増やさずに、歯車装置潤滑油の状態を把握できると考えています。

### おわりに

台車の保守作業を効率化する技術として、シンプルな構造の車体傾斜台車、空気圧による台車枠のき裂検知、打撃試験によるゴム部品の状態判断、潤滑

油センサーによる歯車装置潤滑油の状態監視について、紹介しました。今後は、実用化に向けた技術開発に取り組んでいきます。

なお、車体傾斜台車の開発の一部は、川崎重工業株式会社との共同研究により実施されたものです。また、潤滑油センサーを製作いただいた新コスモス電機株式会社に、この場を借りて深く感謝いたします。[RRR]

### 文献

- 1) 山本勝太, 宮地徳蔵, 八木毅: 破断前漏洩概念を適用した車軸・台車枠のき裂常時監視手法, 鉄道総研報告, Vol.30, No.4, pp.41-46, 2016

#### ☞ 伝達関数の振幅比

入力信号に対する出力信号の大きさを周波数ごとに表したものを。振動の場合、振幅比のピーク周波数から、対象物が振動しやすい周波数 (固有振動数) がわかります。固有振動数は、質量と剛性によって変わります。

#### ☞ 歯車装置

主電動機の回転力を車軸に伝える装置。歯車箱の中に組み込まれた2つの歯車がかみ合います。歯車箱には潤滑油が入っており、歯車が回転することで潤滑油が歯車箱内に拡散されます。