

台車軸受異常予兆検知システムの開発

1. はじめに

新幹線車両の台車における不具合は一重系ゆえに異常発生時に走行不能に陥る可能性が高く、更に高速列車運行そのものの安全性・信頼性を損ないかねません。特に、過去の台車不具合では回転系（台車軸受等）が多く、安全性低下や著しい輸送影響を及ぼすリスクが内在しているため、台車軸受の異常を早期に発見することが重要となります。

そこで、従来の定期的な検査に加えて連続的な状態監視を行うことで、台車軸受の異常を予兆段階で検知して重大事象に至る前に不具合を抑え込む台車軸受異常予兆検知システムの開発（以下、本開発）を行っています。

2. 開発概要

台車軸受（車軸、駆動装置）に不具合が発生すると、その損傷に起因した特徴周波数（各次成分を含む）において振動加速度のピークが発生します（図1）。そのため、台車の振動加速度を監視することで、軸受の異常を検知することとしました。更に、本開発においては各軸受の損傷に起因する特徴周波数に対する検出感度が高い振動加速度センサを開発し、早期の異常検出を図ることとしています。

以下では、駆動装置軸受に特化してその開発概要を説明します。

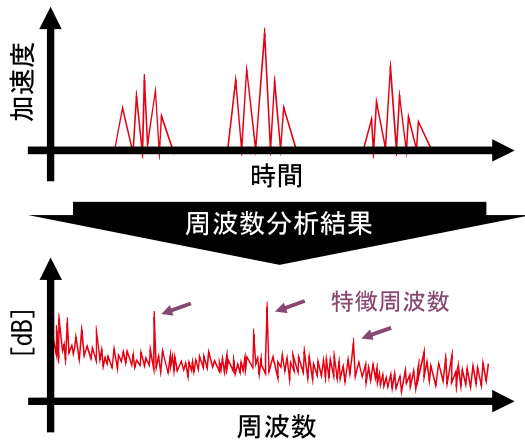


図1：振動加速度による異常検知のイメージ

(1) 基礎試験

本開発において軸受の異常検知ロジックに対する有効性を検証するため、基礎試験として模擬損傷軸受を用いた軸受単体での回転試験を実施しました。なお、試験に用いた模擬損傷軸受は滑り面に顕著な面荒れ、摩耗が発生し、これに付随し転がり面にも面荒れ、摩耗が発生していますが、軸受の損傷度合はあまり大きくなく、継続使用しても直ちに軸受の重大事象に至るものではありません（表1）。回転試験での試験条件は以下の通りです。

[試験条件]

- 試験設備 台上試験機
- 試験速度 4000min⁻¹
- 供試体 小歯車軸受模擬損傷品（表1）
- 負荷加重 ラジアル荷重：9200N
アキシャル荷重：7800N
- 測定内容 振動加速度

模擬損傷軸受を用いて回転試験を実施した時の振動加速度の測定結果を図2に示します。この結果より、模擬損傷軸受は損傷時に発生する特徴周波数が顕著に認められました。

表1：模擬損傷軸受の状態

転がり面		ころ
外輪	内輪	

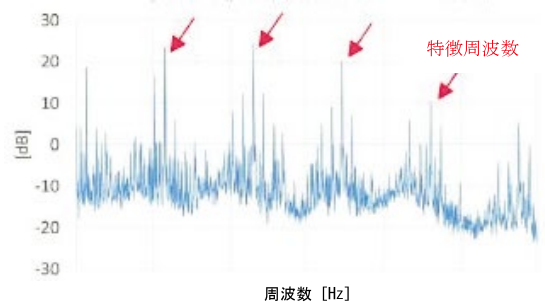


図2：回転試験による振動測定結果

(2) 輪軸試験

駆動装置付輪軸の小歯車軸受に模擬損傷品（損傷の程度は回転試験時と同等）及び正常品を組み込み、輪軸試験を実施して開発センサにより振動、温度のデータを取得し、異常判定の有無を検証しました。また、開発センサの固定に当たっては、営業車搭載状況を模擬するためセンサ取付座を設けた専用の歯車箱大フタを準備して試験を実施しました。輪軸試験の試験条件は以下の通りです。

[試験条件]

- 試験設備 高速輪軸回転試験機（図3）
（博多総合車両所 所有）
- 供試体 模擬損傷小歯車軸受（表2同等）、
正常品
- 測定内容 振動加速度、温度



模擬損傷軸受を用いて輪軸試験を実施した時の振動加速度の測定結果を図4に示します。この結果より、全条件で模擬損傷軸受の損傷に起因する特徴周波数を検出することができました。本試験ではモータトルクが入力されていないため、軸受にとって軽負荷条件であり、特徴周波数の検知としては厳しい条件となります。そのため、現車において正規の荷重が軸受に負荷されると、更に検出感度が高くなる可能性があります。

また、車軸軸受に模擬損傷品を組み込んだ条件でも試験を実施し、異常診断で誤検出を行わず、歯車装置軸受異常のみ明確に異常診断できることを確認しました。

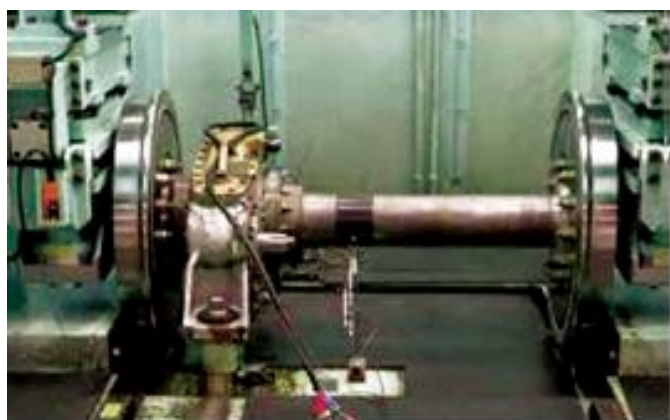


図3：輪軸試験の試験風景

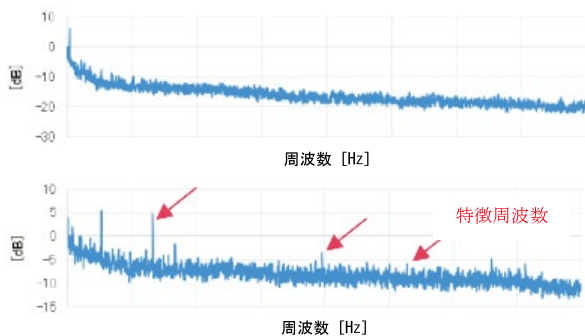


図4：振動加速度の測定結果
(上段：正常品 下段：模擬損傷品)

(3) 走行試験

駆動装置軸受の異常診断システムの閾値や解析周波数帯の検討を進めるため、現車走行時の基礎データとして駆動装置の振動加速度や温度のデータを取得しました。走行試験での試験条件は以下の通りです。

[試験条件]

- 試験編成 N700系7000番代S4編成8号車
- 試験区間 博多総合車両所 ～ 新山口駅
- 測定内容 振動加速度、温度(図5)



図5：駆動装置への仮設状況(振動加速度)

走行試験の結果、振動加速度(RMS 上下方向)は最大 50m/s^2 程度あり、振動周波数分析の結果、振動のピークは概ね 2.5kHz 以下に見られ、 1kHz 周辺に集中していることがわかりました。

3. 今後の展開

台車軸受(車軸、駆動装置)の異常を開発センサにより外乱による影響を受けることなく検出が可能であることを確認し、本システムを完成させることができました。営業車両へ搭載する構成は以下の通りです。

[システム構成(図6)]

- ①軸受センサ：軸箱体(4個/台車)、歯車装置(2個/台車)に設置し、各軸受の振動及び温度を検出する。
- ②制御装置：軸受センサから振動と温度の信号を受信し、軸受異常の有無を判定してモニタへ異常出力を実施する(1台/両)。

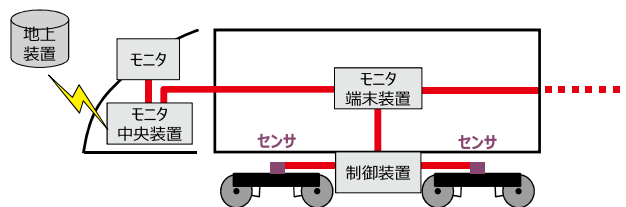


図6：営業車両のシステム構成

今後は、現車搭載に当たってノイズによる影響等も懸念されるため、フィールドデータを蓄積して最適なシステム構成、閾値を検討していきます。