

1707 新幹線車輪状態把握システムの開発

○塚西 誠 八野 英美 (西日本旅客鉄道株式会社)

DEVELOPMENT OF AUTOMATIC WHEEL CONDITIONS MONITORING SYSTEM

○Makoto TSUKANISHI, Hidemi YANO (West Japan Railway Company)

The asperity of wheels of Shinkansen make the noise from them and structures. To reduce noise, we pare the wheels every 300,000km, and make them smooth. But the substance of the wheels are vary at the time of wheel peeling. If we can see the surface of wheels, we can fix them at the best occasion. On this paper, we measure the structure noise from Shinkansen and get to know the status of the wheel surface.

キーワード: 車輪踏面凹凸 構造物音自動収録 音圧 バンドパスフィルター

Keywords: Ruggedness of wheel tread, Automatic measurement of structure noise, Sound pressure, Band-pass filter

1. はじめに

車両が走行すると、車輪踏面（車輪がレールと接触する面）に凹凸が発生する(図-1)。この状態で走行すると、車内で「ゴトゴト」といった音が発生し、高速で走行する新幹線ではお客様等から苦情が挙がる事象が発生している。この対応策として車輪振れ量 0.3mm 以上（「振れ量」とは、車輪踏面形状における径方向の山-谷間の離れの最大値と定義する。）の発生割合が高くなる約 30 万 km 走行を目安として定期的に車輪踏面を削り、形状を整える処置（計画転削）を行っている。しかし添乗調査等に大きな労力を費やしているのが実情であり、更に確実かつ効率的に車輪踏面の実状態を考慮した計画転削を行うため、高架橋の構造物音から振れ量を推定する手法、システムの開発を行っている。

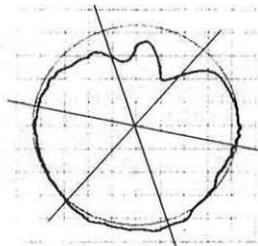


図-1 車輪凹凸(1マス=0.5mm)

2. 新幹線車輪状態把握システムの概要

2.1 システムの基本構成

車輪踏面の振れ量を把握するためには、一車輪ずつ直接測定する方法があるが、大きな労力を要し、全ての車輪の状態を把握することは難しく、現実的ではない。

列車が走行すると、その回転車輪からの加振力が軌道・道床を振動させる。さらに振動は高架橋に伝わり、構造物が振動するため、音（構造物音）として現れる。この時、車輪踏面に凹凸が発生していると、構造物音の大きさに特徴が現れる。本システムはこの現象を基本に構築している。

車輪踏面の凹凸を音として捉える方法としては、レール近傍で転動音として捉える方法があるが、空力音、ギア音等の転動音以外の成分も含まれてしまう。地上面付近での収録では、車両から発生する空力音が回折して収録される可能性がある。高架橋裏面直下での収録では、得られる騒音波形の山谷が不明瞭となるのが過去の試験結果から得られているため、これらの影響が少ないこ

とが分かった高架橋裏面直下 1m の箇所にマイクを設置して構造物音収録を行うこととした。

また、車両検知装置（ビームセンサー）を列車進行方向にある間隔を設けて 2 箇所設置し、車両検知信号を測定のトリガーとすることによって、構造物音の常時自動収録を可能とすると共に、通過する列車の通過速度算出も行っている。

以上の各要素で構成する新幹線車輪状態把握システムの全体概要を示す(図-2)。



図-2 システムの概要

2.2 構造物音の評価手法

本システムでは音圧（AC 出力 (V)）による評価を行っている。音圧は、騒音計の動特性回路（FAST (0.125s)・SLOW (1s)）を通る前の出力であることから、300km/h で通過する列車の車軸位置（最短 2.5m=0.03sec 間隔）に対応させることが可能である。また、車両検知装置から算出される列車速度・位置を基に、各車軸の通過時刻を内部演算により求め、車軸位置に対応した音圧を抽出することが可能となる。

2.3 車輪踏面凹凸による音圧変化分析

車輪踏面の凹凸の有無によって、音圧に生じる差異を把握するために、同一の車種、号車一台車を対象として解析を行った。なお、車両所における車輪踏面凹凸測定の対象とした車種・号車は、列車速度が高い（285km/h～300km/h）こと、先頭号車・中間号車、T 車・M 車の違いによって、車輪踏面に発生する凹凸の発生状況が異

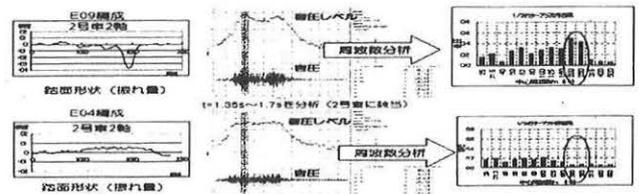


図-3 車輪踏面凹凸発生で卓越する周波数帯の抽出

なる可能性があることを想定して選定した。

この結果の一例を図-3に示す。図-3は、いずれも2号車2軸の結果であることから、収録した音圧波形の2号車通過に相当する時間を抽出し、この区間に1/3オクターブバンド分析を行った。車輪踏面状態の悪いものとして、振れ量=0.35mm程度、状態の良いものとして、振れ量=0.06mm程度の2つの結果を比較している。

この結果、車輪踏面凹凸の有無によって、中心周波数200・250Hz帯域について音圧値に顕著な差異が現れることが分かった。

また、回転体から発生する音を分析すると回転速度の周波数の整数倍に特徴が現れ、固有の次数があるとの知見がある。新幹線の車輪について、以下の2点が言える。

- ① 260～300km/h 走行時の車輪回転数(周波数)
 $(72.2 \sim 83.3 \text{ m/s}) / 2.7 \text{ m} \approx 27 \sim 30 \text{ 回/sec} = 27 \sim 30 \text{ Hz}$
- ② 車輪凹凸は概ね波長 400mm 程度
 \rightarrow 車輪全周長さ 2,700mm の約 1/6 の長さに相当
 \rightarrow 1回転で6回振動するうちの1回に特徴がある

これらの知見より、収録された音圧に対して走行速度に対応した(27～30Hz)×6=160～190Hz帯域のバンドパスフィルター(以下BPFとする。)処理を施した波形より凹凸発生状況を推定できることを確認した。

3. 構造物音収録条件による影響検証

車輪振れ量の推定精度について、通過速度の影響および収録箇所の違いによる影響について検証した。

検証方法は、箇所Aと箇所Bにおいて同一列車の構造物音を収録し比較・分析を行った。

3.1 速度影響の検証

68km/h 走行列車と 298km/h 走行列車についての BPF 処理音圧波形を比較する(図-4)。速度が低い為、構造物音が全体的に低下し、わずかな音圧の差から振れ量を推定しなければならないため、精度が低くなることを確認できる。

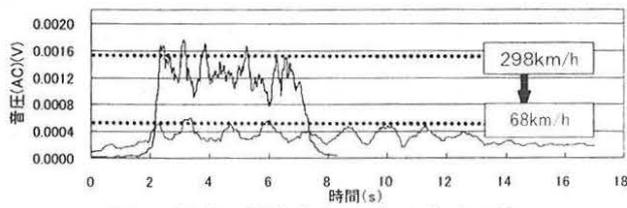


図-4 高速-低速走行 音圧波形比較

3.2 収録箇所の違いによる影響検証

構造物音収録箇所の構造物の違いによる影響により、振れ量推定に影響があるかを検証する為、箇所A・箇所Bにて収録した同一列車の音圧波形を比較した(図-5)。

箇所Aに比べ箇所Bの音圧ピークは各編成とも若干低下しているが、箇所Bでは台車通過タイミングに相当す

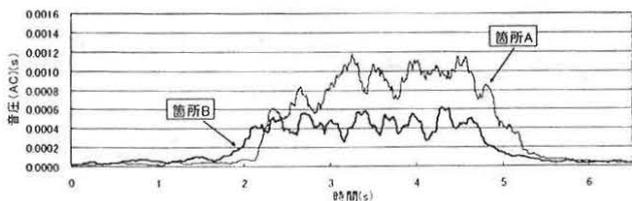


図-5 箇所A・Bにおける音圧波形比較

る山谷が明瞭に見られる。

次にFFT分析を行ったが、車輪状態の異常特徴を抽出する160～190Hz帯域の周波数について大きな影響を及ぼす成分は見られない場合は、収録箇所を変更しても適用可能であると判断できる。

3.3 まとめ

これらより本システムの構造物音収録箇所を選定する際には以下の点を考慮し、運用後の変更作業を回避する必要がある。

- ① 通過列車の走行速度(変更の可能性も考慮)
- ② 構造物等の条件による160～190Hz帯域周波数への影響成分(固有振動周波数)の有無
- ③ その他(暗騒音、構造物工事計画など)

4. 車輪踏面状態の推定精度

図-6に車輪踏面転削前後の音圧波形の比較を示す。車輪転削が実施された車軸位置に対応する音圧波形に対して、BPF処理を行った結果の波形を見ると、車輪踏面振れ量が低減したことに伴って、その波形の振幅が低下していることが確認できる。

図-7より、BPF処理後ピーク音圧値と車輪踏面振れ量について、0.4mm程度までは高い相関関係が見られ、現在車輪転削の日安としている走行距離30万km \approx 0.3mmまでの範囲は、構造物音から推定することが十分可能であることを確認したため、これを転削の日安として設定することは可能であると考えられる。

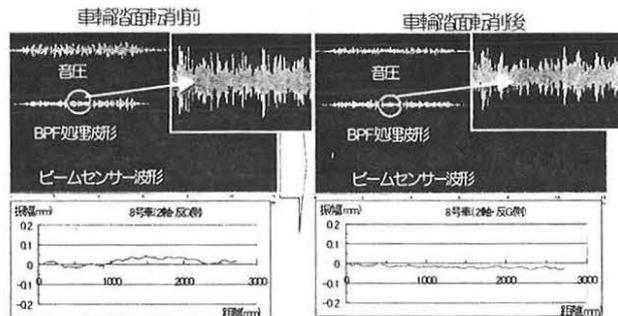


図-6 車輪踏面転削前後の結果

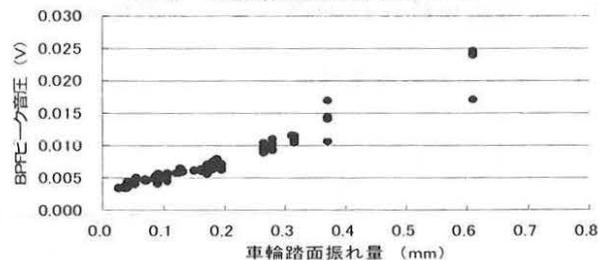


図-7 車輪踏面振れ量とBPFピーク音圧の関係

5. おわりに

本システムにより、構造物音から車輪踏面に生じている振れ量を推定可能であることが分かった。

これまで実施してきた試験結果を踏まえ、実際に試作システムを設置し、システムのユーザビリティや信頼性に関して調査・改良・検証を実施し、実用化システムへと上げていき、効率の良い車両検修の実現に向けて早期の導入を目指す。