

前後軸の軸箱加速度の差を用いた軌道状態の評価

須田 正規* 田中 博文 芳賀 昭弘 (鉄道総合技術研究所)
板東 茂己 中 祐介 (北海道旅客鉄道)

We Measured Axlebox Acceleration Focusing on Difference between A Leading Axle and A Trailing Axle.
Masanori Suda*, Hirofumi Tanaka, Akihiro Haga (Railway Technical Research Institute)
Shigemi Bando, Yusuke Naka, (Hokkaido Railway Ltd.)

Considering the measured results, we calculated them based on the displacement of track estimated by the analytical model of track structure supported by sleeper or others discretely. As a result, we identified that some significant difference of axlebox acceleration between a leading axle and a trailing axle might suggest ununiform track stiffness which means deteriorated ballast conditions.

キーワード：軸箱加速度，台車，位相差，有限間隔弾性支持モデル

(axlebox acceleration, bogie, phase difference, elasticity support model of a limited interval)

1. はじめに

鉄道事業者では、継目落ちや噴泥などの軌道劣化箇所は、一般的に列車や徒歩による巡視や列車動揺、軌道検測車の測定結果を用いて把握している。また、軸箱加速度のデータを用いて軌道劣化箇所を把握する手法も提案されている⁽¹⁾。本研究ではこれらのデータに加えて、より高い精度で設備検査・保守の軽減及び列車や徒歩による巡視では発見が困難な軌道劣化箇所を把握することを目的に、前後軸の軸箱加速度の差に着目し、軌道支持ばねが不均一な箇所を抽出する手法を検討した。

あわせて、軌道変形量算定に用いられている有限間隔弾性支持モデルを用いて前後軸の挙動を算定し、実測データとの整合性について考察した。

2. 測定概要

軌道劣化箇所の抽出のため、車上測定を実施した。試験車両は一般形気動車を用い、台車の前後軸箱にそれぞれ加速度センサーを取付け、データレコーダにて収録を行った。なお、試験時の車両編成は単車とした。

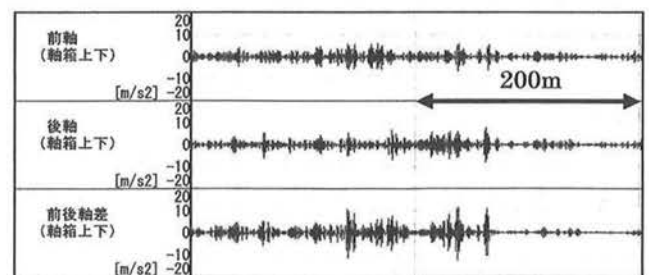
分析対象とした線区は、非電化の単線区間であり、年間通トン約 100 万トンである。主たる軌道構造は、50N レール、普通継目、木まくらぎ (37~41 本/25m) であり、道床は碎石、道床厚は 250mm である。締結装置は曲線部においては F 形タイプレート、直線部においては犬くぎである。

3. 測定結果

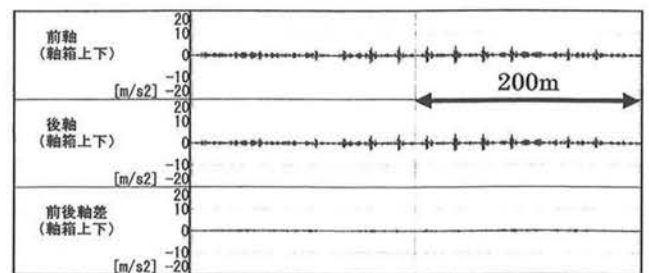
浮きまくらぎ等により支持ばねが急激に変化し、前後数本分のまくらぎまで変形が影響することを想定し、まくら

ぎ間隔 2 本~3 本程度の成分を抽出できるように、測定データに対して距離軸上で 1.2m~2.0m のバンドパスフィルタ処理を行った。その結果、前軸・後軸の振幅が同位相である区間と逆位相である区間が存在することが確認できた。前軸・後軸の軸箱上下加速度について、前軸の波形から後軸の波形を差し引いたものを「軸差」と呼び、その波形を評価した。軸箱加速度の波形例を図 1 に示す。

図 1 より、軸差が大きい区間では、前軸の振幅が大きい箇所もあれば後軸の振幅が大きい箇所もあるといった不規則な挙動を示しているが、軸差が生じていない区間では、前軸・後軸ともにほぼ等しい波形となっている。



(a) 軸差が生じた区間



(b) 軸差が生じていない区間

図 1 軸箱上下加速度の一例(1.2m~2.0mBPF)

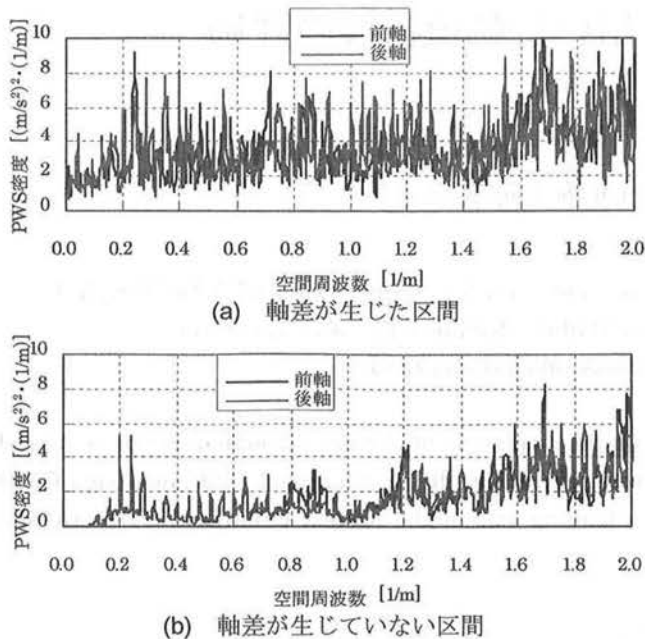


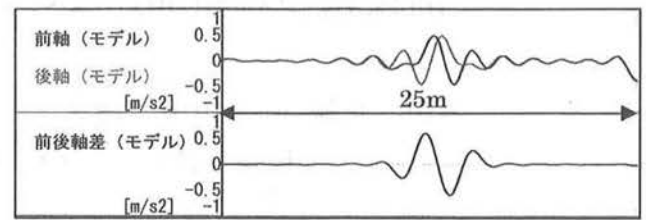
図 2 測定区間のパワースペクトルの一例

次に、図 1 で示した区間について周波数解析を行った。図 2 に空間周波数 $0 \sim 2[1/m]$ (波長 $0.5m$ 以上) におけるパワースペクトル密度を示す。同図より、軸差が生じた区間では、特に空間周波数 $1.0[1/m]$ 以下 (波長 $1.0m$ 以上) で前軸・後軸のピークが異なっており、前後軸で異なる動きをしていることが確認できる。一方、軸差が生じていない区間では、前軸・後軸ともにほぼ同じピークを示している。特に、空間周波数 $0.8[1/m]$ 以下 (波長 $1.2m$ 以上) では、ピークが全く同じである。このピークの間隔は $n/\text{レール長}$ ($25m$) であることから、道床状態が良好の場合、レールが自身の長さの整数分の 1 の波長で振動している状況が、軸箱加速度で測定されていると解釈できる。一方、道床状態が良好ではない場合は、レールの支持状態が不均一となり、レールの振動は前軸通過時と後軸通過時で異なるものと解釈できる。

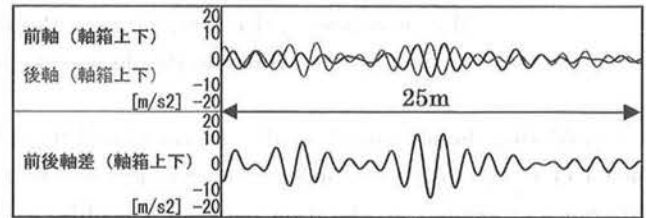
以上の結果から、軸差が生じる区間では、前軸・後軸が異なる振動をしていることが確認でき、軸差が生じていない区間に比べて道床状態が不良であると判断できる。

4. 有限間隔弾性支持モデルによる検討

車両が通過する際の車輪の変位量について、静的なモデルである有限間隔弾性支持モデルを用いて検討を行った⁽²⁾。検討は前述の試験条件を用い、 $25m$ 間を 2 軸の車輪が通過した際の車輪位置における静的な軌道変形量を、車輪の位置を徐々に変えながら求め、これを車輪の位置での測定波形に換算した。さらにこれを 2 回微分して加速度の次元に変換し、前述した軸箱加速度測定結果と比較した。道床支持ばね係数は、通常の土路盤で想定される $19.3MN/m$ を基本とし、中央のまくらぎ 1 本を道床不良箇所と想定して、 $K30$ 値において 12.5 相当である $5.0MN/m$ とした⁽³⁾。なお、浮きまくらぎ等が影響する波長を考慮して計算結果にフィ



(a) 有限間隔弾性支持モデル



(b) 実測データ (軸箱上下加速度) の一例

図 3 モデルと実測データとの比較

ルタ処理を行った。加速度の波形と実測データの比較を図 3 に示す。

同図より、有限間隔弾性支持モデルでは、道床不良を想定した箇所を中心として、前軸・後軸が逆位相の加速度を示しており、軸差が生じていることがわかる。また、図 1 で示した軸差が生じた区間の一部を拡大すると、前後軸で逆位相の加速度が生じており、モデルと同様な挙動が確認できる。即ち、静的なモデルであるが、軸差の発生原因としては道床支持ばね係数が不均一であるということが示された。

なお、変位量を 2 階微分して加速度に変換した値と、軸箱加速度の実測データとの間に相違があるが、これは、有限間隔弾性支持モデルはあくまでも静的なモデルであることと、計算に用いたパラメータが実際とは異なっていたためと考えられる。

これらの検討結果より、道床支持ばね係数が不均一である場合には、明確な軸差が生じることが解析的なモデルからも確認された。

5. まとめ

本研究の結果をまとめると以下のとおりである。

- (1) 車上測定の結果、前軸・後軸が等しい振動をする区間と異なる振動をする区間があることが確認できた。後者の軸差が生じている区間では、道床状態が不良である可能性がある。
- (2) 道床支持ばね係数が不均一である場合、明確な軸差が生じることが、解析的なモデルからも確認された。

文 献

- (1) 須永陽一, 佐野功, 井出寅三郎: 高速度新幹線における短波長軌道狂いの検出法, 鉄道総研報告, Vol.13, No.5, pp.11-16, (1999)
- (2) 佐藤吉彦, 梅原利之: 線路工学, 日本鉄道施設協会, pp1-8, (1987)
- (3) 運輸省鉄道局監修: 「鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造 [有道床軌道] (案)」, pp47-55, (1997)