

## 新幹線における軸箱加速度を用いた軌道状態の評価手法

(財)鉄道総合技術研究所	正会員	西垣 拓也
西日本旅客鉄道株式会社	正会員	瀬川 祥
(財)鉄道総合技術研究所	正会員	須永 陽一
(財)鉄道総合技術研究所	正会員	成毛 将利

## 1. はじめに

新幹線の高速走行時には、レール凹凸や浮まくらぎ等により著大な輪重変動が発生し、軌道材料の損傷や軌道狂いを招くことがある。これらの検出には軸箱加速度を用いることが有効であることが知られている<sup>1)</sup>。そこで本研究では、軸箱加速度データを日常の保守管理に活用するために必要となる軌道状態の評価手法について述べる。

## 2. 標準偏差を用いた区間評価

軸箱加速度を活用するためには、単発的な著大値の管理だけでなく、軌道狂い指数P値のようなある一定区間の評価も行う必要がある。図1に走行速度300km/h時の軸箱加速度の確率密度関数を示す。軸箱加速度はレール溶接部等で衝撃的に大きな変動が発生するが、これら著大値を含んだ分布には極値分布の考え方をを用いるべきであり<sup>2)</sup>、分布形状に対応した評価指標が必要となる。しかし、図に示すとおり、サンプリング数が多ければ軸箱加速度の分布はほぼ正規分布と近似でき、軸箱加速度の変動が大きい所と小さい所を標準偏差で判別する事が可能になると言える。

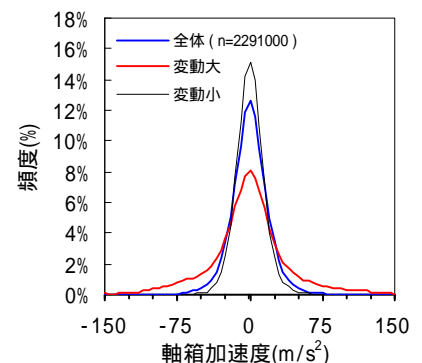
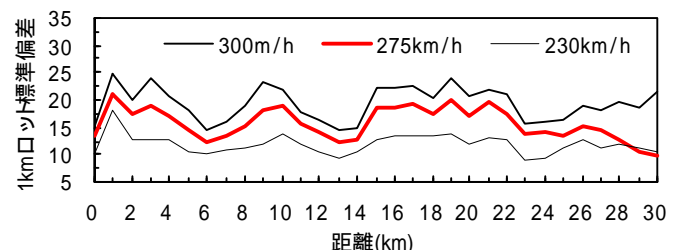


図1 軸箱加速度の確率密度関数

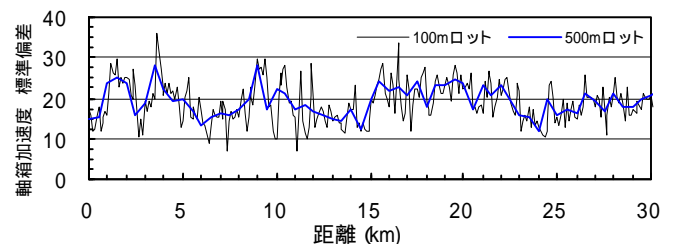
ここで、図1(1)に1kmロット標準偏差(速度300km/h, 275km/h, 230km/h)を、図1(2)に100m・500mロットの標準偏差(速度300km/h)を示す。図1(1)

に示すとおり、軸箱加速度の区間標準偏差は走行速度230~300km/hの速度域でほぼ一定の差となり、走行速度に依存する軸箱加速度の補正も可能となると考えられる。

また、100mロット、500mロット、1kmロットでは、ロット長が短いほど変動に対する追従性が良いのが分かる。したがって、前者では応急的な施工箇所の把握ができ、後者では大まかな施工箇所の把握が容易となるので、評価区間長は作業内容や保守量に応じて検討すれば良いと言える。新幹線ではレール延命対策として定期的なレール削正が行われているが、これらの評価手法を用いれば削正量の調整や施工順位の決定を効率的に行うことが可能になると考えられる。



(1) 1kmロット標準偏差

(2) 100m・500mロットの標準偏差  
図2 ロット毎の標準偏差

## 3 道床状態による軸箱加速度の変動

次に、軸箱加速度データに浮まくらぎの抽出に用いられる30Hzローパスフィルタ処理<sup>1)</sup>(以下「30HzLPF」と言う)を行い、道床状態による軸箱加速度の変動について検討を行った。

むら直しや道床修繕箇所を選定するためには、輪重変動が大きかつ、その延長が長い所を検出する必要

キーワード：軸箱加速度、短波長軌道狂い、スペクトル解析、標準偏差

連絡先：〒185-0014 東京都国分寺市光町2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 軌道管理 TEL042-573-7278

がある。そこで区間評価指標として超過率(ある区間の30HzLPF処理後の軸箱加速度が閾値を超過する割合)を用いた。図3にロット長を50m, 閾値を $12\text{m/s}^2$ とした時の超過率と標準偏差のグラフを示す。図の3~4km地点の標準偏差では、各ピークの大きさの差は小さいが、超過率は3.6km地点が非常に大きく、道床状態が悪い箇所が連続すると判断することができる。ここで、閾値を仮に $12\text{m/s}^2$ とおき、超過率が3%以上の区間と0%の区間を抽出し、それぞれの箇所のパワースペクトル密度を比較した。その結果を図4に示す。図には試験区間の有道床軌道全体のスペクトル密度の平均も併せて示した。図で有道床区間の波長1m~10mでは超過率の大小でパワースペクトル密度の大きさに明らかな差が生じ、最も大きい波長4m付近では超過率0%の区間に比べ、有道床の平均では10dB程度、超過率3%以上の区間では15dB程度大きい結果となった。

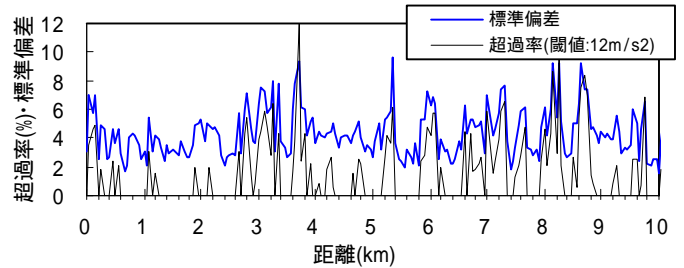


図3 50mロットの超過率と標準偏差

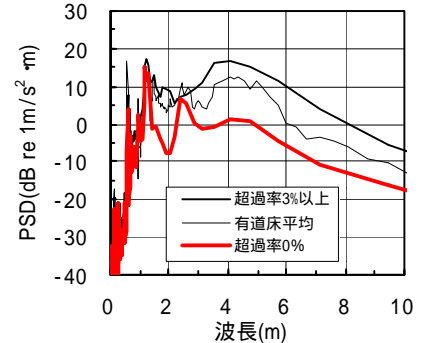


図4 有道床軌道のパワースペクトル密度

4. 軸箱加速度によるスラブ軌道の評価

つぎに、スラブ軌道において有道床軌道に適用したものと同様の処理を行った。図5に超過率3%以上の区間と0%の区間のパワースペクトル密度及び、試験区間のスラブ軌道全体のスペクトル密度の平均を比較した結果を示す。図に示すとおり有道床軌道と同様に、超過率の大小により波長3mより大きい領域のパワースペクトル密度の大きさに差が生じ、超過率大の区間とスラブ軌道平均では波長5mにピークが生じた。そこで、波長5mの変動がどのような箇所で生じているか実波形により検討した。図6に原波形と30HzLPF処理した波形を示す。図で30HzLPF処理した軸箱加速度の値が大きい地点は、著大輪重の発生する溶接箇所ばかりでなく、中間部でも大きいことが分かる。スラブ軌道においてこの5m波長に対応するのは、スラブ板一枚の長さであり、スラブ板にあおりが生じている事が変動の原因と考えられる。

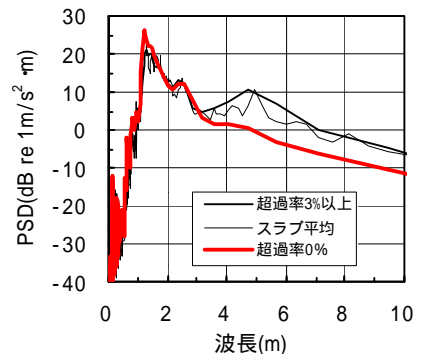


図5 スラブ軌道のパワースペクトル密度

5. まとめ

軸箱加速度データを新幹線の保守管理に活用するために必要となる、軌道状態の評価手法について検討した結果、以下の事柄が分かった。

軸箱加速度の区間標準偏差を用いれば、軌道状態を適切に把握することが可能となり、保守作業量の調整や施工順位の決定に活用できる。

有道床軌道において、30HzLPF処理後の軸箱加速度データから超過率を算出することにより、道床状態を評価できる見通しが得られた。

スラブ軌道で、スラブ板の長さである5mに対応する変動が認められた。

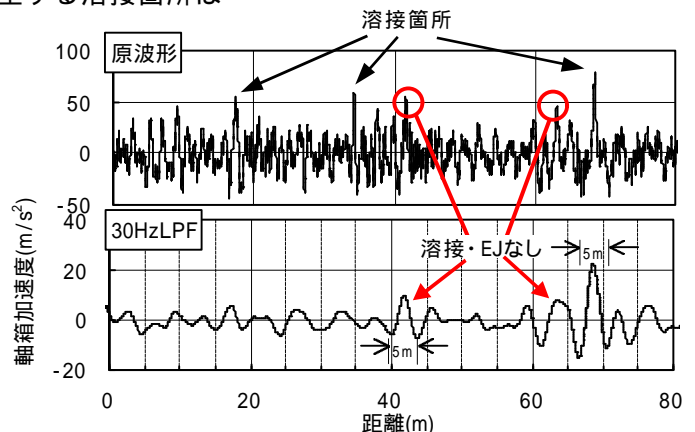


図6 スラブ区間の波形例

(上: 原波形、下: 30Hzローパスフィルタ処理)

[ 参考文献 ]

- 1) 須永陽一, 佐野功, 井出寅三郎: 高速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, 1999.5
- 2) 須永陽一, 井出寅三郎, 金尾稔: 軸箱加速度を活用した短波長軌道狂いの管理手法, 鉄道総研報告 Vol.6, 1992.11