

レール踏面状態を考慮した新幹線鉄道騒音の予測法に関する検討

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○ 高橋 亮一
 西日本旅客鉄道(株) 正会員 瀬川 祥
 西日本旅客鉄道(株) 玉田 哲男

1. はじめに

新幹線については、騒音の環境基準が制定されており、その低減について対策を進めているところである。新幹線のいくつかある騒音源の中でも、とりわけレールと車輪が接触することにより発生する騒音(以下転動音)は大きな割合を占めており、その大きさはレール踏面状態に左右される。過去、レール踏面を砥石で削正し、平滑化を図ることにより、騒音が低下することが示されており、現在新幹線においては積極的にレール削正を進めている。本稿では、レール削正等でレール踏面状態が変化した場合の騒音を定量的に予測する手法について述べる。

2. 新幹線の騒音源

新幹線の騒音源は、集電系音、車両上部音、車両下部音、構造物音に大別できる。文献1によれば、図1の通りに点音源を設定し、パワーレベルを決定することによって、沿線における騒音を精度よく予測できるとしている。

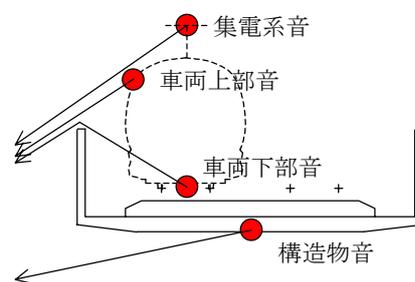


図1.新幹線の主要な騒音源

3. レール踏面状態を考慮に入れた予測法

文献1によれば、列車種別、線路構造、受音点等の情報を与えることにより、受音点における各音源の大きさが求められることができ、それらのパワー和をとることによって、受音点の総合音を求めることができる。レール踏面状態は、車両下部音と構造物音に影響を与えるが、文献1ではそれらの音源パワーレベルを定数として取り扱っており、レール踏面状態の変化については、あまり考慮していない。そこで今回、音源パワーレベルをレール状態に応じて変化させることにより、車両下部音と構造物音の補正を行って、総合音を予測する手法を提案する。

図2に示すように、各台車に1個ずつ点音源を設定し、各点音源は半自由音場において測定点まで伝播するものと仮定する。1つの点音源が軌道上を移動するとき、受音点における騒音レベルの時間変動 $L_{pA,n}(t)$ は式(1)で与えられる。

$$L_{pA,n}(t) = L_{w,n}(t) - 20 \log R_n(t) - 8 \quad \dots \text{式(1)}$$

ここで、 $L_{w,n}(t)$ は時刻 t における点音源のパワーレベル、 $R_n(t)$ は時刻 t における音源から受音点までの距離、添え字 n は音源列の番号をあらわす。

レール踏面状態の指標は、新型新幹線電気軌道総合試験車(以下 T4)の床下騒音レベルを活用することとし、 $L_{w,n}(t)$ は、 α を定数として式(2)で表すことができる。

$$L_{w,n}(t) = L_{T4}(x) - \alpha \quad \dots \text{式(2)}$$

ここで、 $L_{T4}(x)$ は時刻 t において点音源が存在する位置 x での T4 の床下騒音レベル(270km/h)を表す。

1つの点音源が通過するときの単発騒音暴露レベル $L_{AE,n}$ は $L_{pA,n}(t)$ の時間積分値で与えられ、式(3)で表せる。

$$L_{AE,n} = 10 \log \int_{-\infty}^{\infty} 10^{L_{pA,n}(\tau)/10} d\tau \quad \dots \text{式(3)}$$

1列車が通過するときの単発騒音暴露レベル L_{AE} は、全点音源のパワー和をとればよく、式(4)であらわせる。

$$L_{AE} = 10 \log \sum_n 10^{L_{AE,n}/10} \quad \dots \text{式(4)}$$

文献1で設定されている車両下部音、構造物音のパワーレベルは、標準的なレール状態の場合であると考えられている。山陽新幹線における床下騒音レベルの平均値 $L_{T4,ave}$ を求めると、スラブ区間で 112dB、バラスト区間で

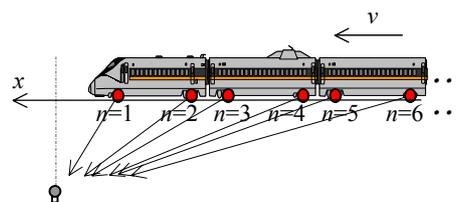


図2.音源設定

109dB となった。そこで、平均的なレール状態のパワーレベルを $L_{w,n}(t)=L_{T4,ave}-\alpha$ として得られる単発騒音暴露レベルを L_{AE0} 、求めたいレール状態のパワーレベルを $L_{w,n}(t)=L_{T4}(x)-\alpha$ として得られる単発騒音暴露レベルを L_{AEI} とすれば、単発騒音暴露レベルの変化量 ΔL は、式(5)で表すことができ、 α は相殺されることとなる。

$$\Delta L=L_{AEI}-L_{AE0} \quad \cdots \text{式(5)}$$

今回は、簡易的な手法として車両下部音と構造物音とで ΔL は等しいものと仮定する。文献 1 を利用し求められる集電系音、車両上部音、車両下部音、構造物音のうち、車両下部音と構造物音に ΔL を加えて修正した後、各音源のパワー和をとることにより、求めるレール状態の総合音を得ることができる。

4. 測定値と予測値の整合性

山陽新幹線のスラブ区間において、レール削正を実施し、施工前後の騒音レベルがどの程度変化するかを測定した。測定を行った地点の構造は、地面からレールレベルまで 19m、防音壁高さはレールレベルより 2m、測定点は地上 1.2m の高さで線路からの水平方向の離れが 25m の位置で行った。

この線路構造で、各音源の大きさを文献 1 により算出したものを図 3 に示す。これをもとに、レール踏面状態を考慮に入れて、車両下部音、構造物音を修正し、各音源のパワー和をとることにより、25m 点の騒音レベルを予測した。今回、データを整理するにあたっては、弊社の主力車種である列車 A および B の 2 種類について行った。レール削正施工前後の床下騒音レベルの変化を図 4 に示す。グラフ中の実線のとおり、床下騒音レベルをモデル化することによって、施工前後のレール状態を表現した。

実測値と予測値の比較を図 5 に示す。この地点においては、今回試算した 2 車種について、実測値と予測値の差は 0.5dB 未満であり、精度よく予測できているといえる。

4. まとめ

今回得られた知見を以下に示す。

- T4 の床下騒音レベルを利用し、音源位置によりパワーレベルを変化させる手法をとることで、レール踏面状態を考慮した騒音予測が可能である。
- 今回のスラブ区間の実測データによれば、予測値と実測値の差が 0.5dB 未満であり、十分使用に耐えうる予測法である。

5. 今後の方向性

今回の実測データにより本手法の妥当性が示されたため、今後この手法を用い、騒音低減のための効率的なレール溶接部の整備基準値を検討する予定である。あわせて、本手法の妥当性の更なる検証のため、実測データを増やし、信頼性の向上に努める必要があると考えている。

[参考文献]

1) 長倉他:「新幹線沿線騒音予測手法」,鉄道総研報告第 14 巻第 9 号,2000.9

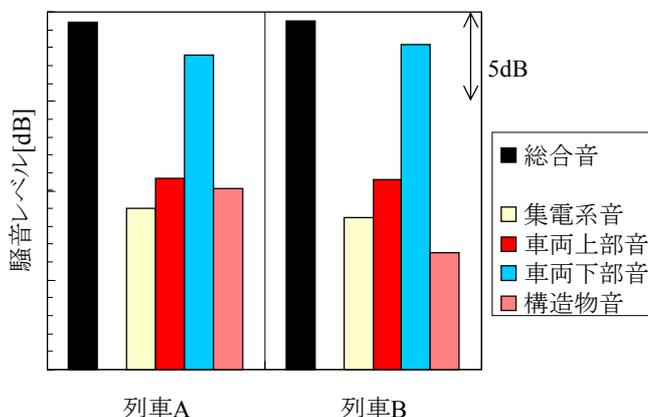


図 3.各音源の寄与度(線路から 25m 離れの測定点の例)

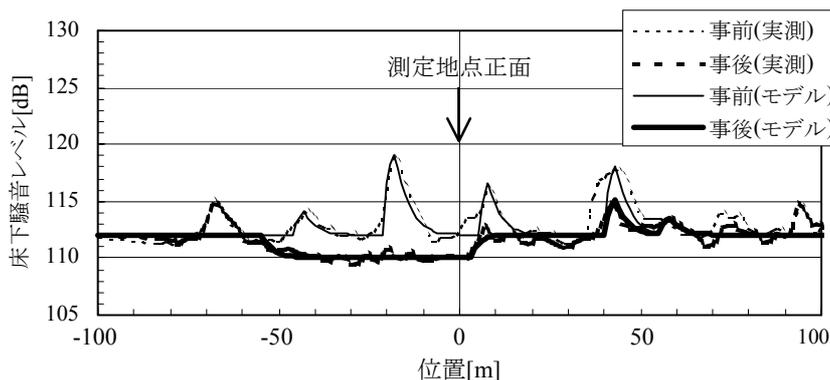


図 4.レール削正前後での床下騒音レベル

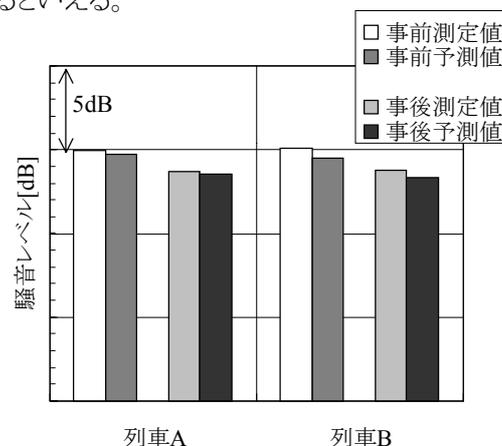


図 5.測定値と予測値の比較