

周波数分析を活用した乗り心地レベル低減の取り組み

○ 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 築瀬和清

1. 背景と目的

新幹線では現在、20m 弦、40m 弦といった長波長軌道管理や列車動揺管理を行い、乗り心地の向上を図っている。これらについてそれぞれ整備目標値の目標値超過箇所は整備により減少しているものの、これらの目標値未達の箇所であっても乗り心地が良くないと報告される箇所がある。そこで本研究では営業列車に常設されている動揺加速度計（以下、自動動揺計）を活用し、乗り心地レベルが大きく算出された箇所の原因特定と原因別の補修方法について検証ならびに提案を行い、乗り心地の向上を図ることを目的とする。

2. 自動動揺計について

営業列車に常設されている自動動揺計は、2011 年 6 月から現行タイプが使用されている。以前の自動動揺計では、動揺加速度の基準値・目標値超過箇所一覧を閲覧できる機能だけであったが、現行の自動動揺計では以前のものでは取得できなかった動揺加速度波形データを確認できるようになった。さらにこのデータから乗り心地レベルの計算、周波数分析が行えるようになった。これらの機能は、乗り心地が良くない箇所の把握、またその原因を究明するツールとして期待されている。

3. 現状の把握(左右動揺)

当社の新幹線において、300km/h 運転している E5 系で左右動揺における乗り心地レベルの計算を行い、乗り心地の把握を行った。その結果、「非常に良い」と判断されたのが全体の約 80%を占めることがわかった（図 1）。しかし、すべてが「良い」以上となっているわけではなく、「普通」と判断された箇所もあった。「普通」と判断された箇所で軌道変位（目標値超過）が原因である 2 箇所を除く 3 箇所を表 1 に示す。このうち、No.1 についての乗り心地改善の取り組みを報告する。

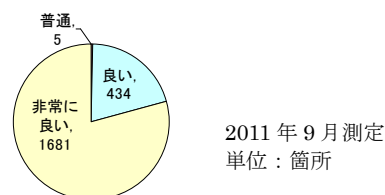


図 1 E5 系の乗り心地（大宮～新白河間）

表 1 乗り心地「普通」と判断された箇所

No.	キロ区間	線別	速度	乗り心地 左右	曲線	マヤ(East-i)	
						40m通り変位	左右動揺
1	163k300m～400m	上り	292(km/h)	88.1(dB)		4.1(mm)	0.19(g)
2	152k200m～300m	下り	292(km/h)	88.1(dB)	○	-3.7(mm)	0.16(g)
3	123k400m～500m	下り	292(km/h)	88.2(dB)	○	2.8(mm)	0.16(g)

（E5 系：軌道変位の目標値超過箇所を除く）

4. 乗り心地向上の検討

東北新幹線上り 163k300m～400m について周波数分析を行ったところ、1～2Hz、6～6.5Hz 付近で卓越しており、292km/h で 40～80m、12m 付近の波長が影響していた（図 2）。なお図 2 の理想線とは、乗り心地が「非常に良い」の箇所から算出して描いたものである。この結果を元に、レール照り面、レール頭頂面半径について現場調査を行った。レール照り面については、左レールにおいて 163k372m を境に起点方に向かって照り面幅が大きくなっていることがわかった（図 3）。レール頭頂面半径については、5m ピッチで確認し

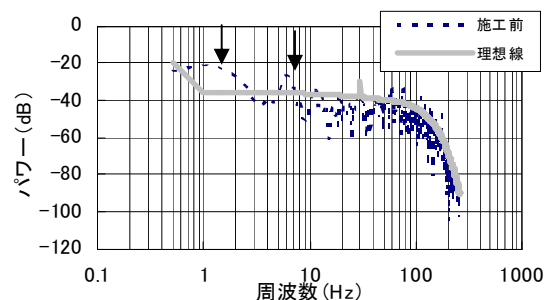


図 2 周波数分析結果（施工前）

キーワード 周波数分析 乗り心地 レール削正

連絡先 〒330-9555 埼玉県さいたま市大宮区錦町 434-4 JR 東日本 大宮支社 保線課 新幹線G Tel(048)642-7404

たところ、163k300m～360m、372m～400m では 200～300mm で推移しているが、360m～372m で 400mm 以上となっており、最大箇所で 568mm であることがわかった(図4)。これらの変化箇所では、レール傷に伴う短尺レール交換($L=12\text{m}$)を行っていたことがわかった。このことから163k372m 付近を加振源とした左右動揺加速度が発生し、乗り心地レベルを大きくしていることがわかった。乗り心地レベルを低減する対策として、レール頭頂面半径を旧レールの半径に近づけることが有効であると推定できる。

そこで今回、32 頭のレール削正車を使用してレール削正することとした。通常の削正では損傷対策(シェリング)の削正のため 4 パスで 0.1mm の削正を行っているが、今回はレール頭頂面半径を整えるため 6 パスで施工を行った(施工区間：東北新幹線上り 163k300m～164k700m： $L=1400\text{m}$)。

5. 効果の確認

まずはじめに、施工前後の乗り心地レベルを確認したところ、施工前の 88.2dB から施工後は 80.0dB に低減され、乗り心地レベルが改善されたことがわかった。次にレール照り面、レール頭頂面半径について確認したところ、施工前に大きな変化があった 163k372m では施工前のレール照り面の大きな変化がなくなり、ほぼまっすぐな照り面へ改善されていることがわかった(図5)。レール頭頂面半径では、最大箇所 568mm から 459mm へ縮小し、さらに旧レールと新レールの境界部では施工前より滑らかに取り付けられていることがわかった(図6)。さらに 163k300m～400m について周波数分析を行ったところ、施工前では 1～2Hz、6～6.5Hz 付近(40～80m、12m 付近の波長)が卓越していたが、施工後ではこれらの周波数帯を理想線へ近づけることができた(図7)。

今回の施工では、レール削正によって頭頂面半径を旧レールに近づけることで乗り心地を改善することができたが、今後は溶接の後日仕上げや中継摩耗レール、旧レールの頭頂面半径に近いレールでの交換といった材料状態を考慮したレール交換を行い、乗り心地を維持する必要がある。

6. まとめ

- ・軌道変位目標値超過以上がなかった場合は、動揺加速度の周波数分析を行い、卓越した振動数と速度から波長を算出を行うことで、原因となっている長さを特定することができた。
- ・現場調査から効果の確認までのポイントとしては、現場調査では分析結果の波長と同等の長さとなる原因がないか、レール照り面に大きな変化はないか詳細調査を行い、原因を追究していく必要がある。

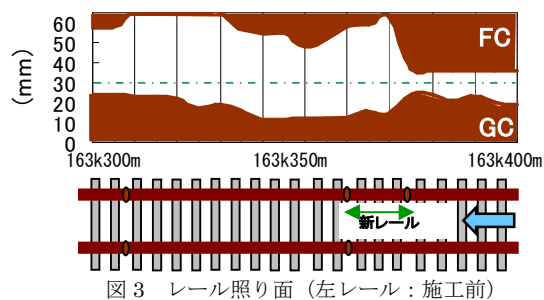


図3 レール照り面(左レール：施工前)

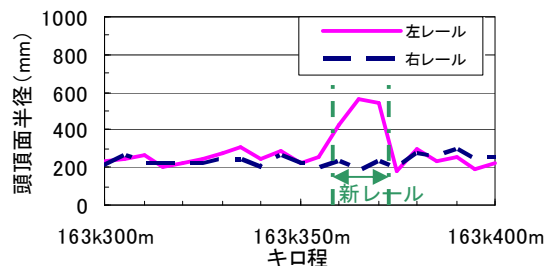


図4 レール頭頂面半径(施工前)

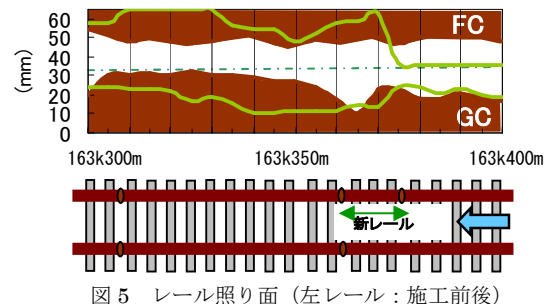


図5 レール照り面(左レール：施工前後)

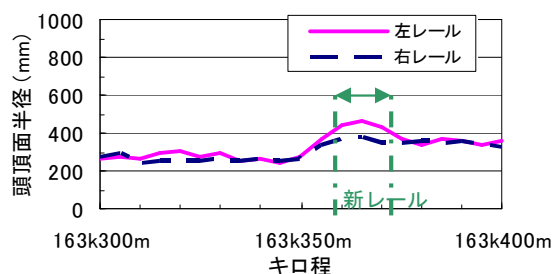


図6 レール照り面(施工前後)

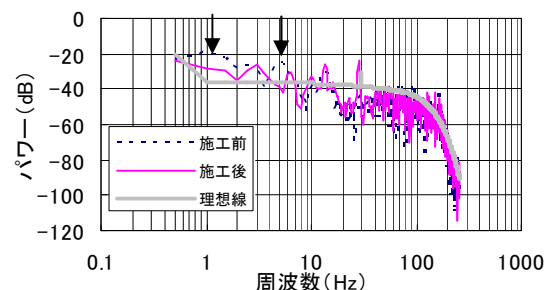


図7 周波数分析結果(施工前後)