

連続した通り変位と列車の左右動揺の関係について

JR 東日本 正会員 ○吉田 尚

1. 目的

列車の走行により軌道に変位が生じ、軌道の変位により列車には動揺が生じる。車両の走行安全性と、良好な乗り心地を確保するためには、軌道の変位を整備する必要がある。

車両の左右動揺は、上下動揺と比べると複雑であり、軌道変位がそれほど大きくない箇所でも大きな値が測定される場合がある。そのため、軌道の整備計画が困難な場合がある。本稿では、通り変位が連続することで左右動揺が大きくなるのではないかと考え、シミュレーションでその影響を確認した。

2. 検討内容

(1) シミュレーション方法

マルチボディダイナミクス解析ツールとして実績のある SIMPACK を使用し、車両モデルの左右動揺を分析した。

(2) 車両モデル

在来線の通勤車両の車両諸元を設定した車両モデル(ボルスタレス台車) 1 両を使用した。主な諸元は表 1 のとおりである。

表 1 車両モデルの主な諸元

項目	値
軸距	2.1m
左右軸ばね間隔	1.7m
左右空気ばね間隔	1.75m
台車中心間距離	13.3m
軸ばね定数	991,000N/m
空気ばね定数	非線形
車輪断面形状	修正円弧踏面
ヨーダンパ	無し

(3) 軌道モデル

レールの断面形状は 50N レールとし、レール下の部材の弾性を考慮した軌道モデルを使用した。

(4) 解析条件

列車の左右動揺は、軌道の通り変位および水準変位と関係があるが、特に通り変位の影響が強いことが知られている。そこで、図 1 に示すように、直線中に波

長および振幅の異なる cos 波の軌道変位(原波形)を設定し、波数が 1 の場合と 2 の場合で解析を行った。車両の速度は 60km/h から 110km/h まで 10km/h 刻みで変化させた。設定条件の詳細を表 2 に示す。

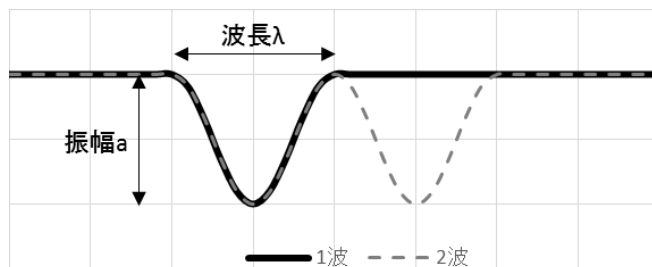


図 1 軌道変位の設定

表 2 解析条件

項目	記号	条件
軌道変位波長	λ	10~40 まで 1m 刻み
軌道変位振幅	a	1~10 まで 1mm 刻み、 12~28 まで 2mm 刻み
軌道変位波数	n	1, 2
走行速度	V	60~110 まで 10km/h 刻み

また、車両の運動の様子を把握するために、図 2 に示すように動揺の測定位置を進行前側の運転台位置、前後台車の中心位置、車体中心位置の計 4 箇所の車体床上に設定した。

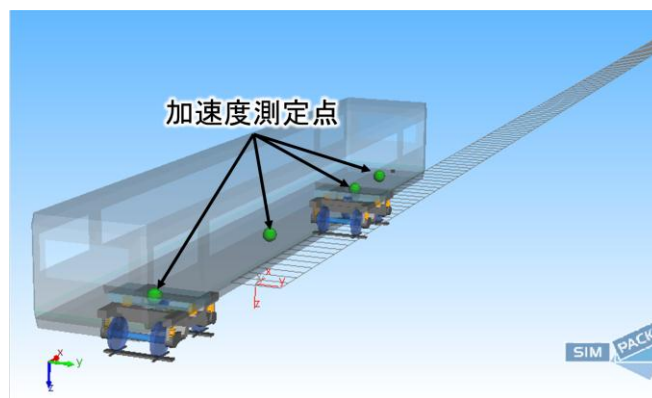


図 2 SIMPACK 車両モデルと左右動揺測定点

3. 結果

結果は全部で 7,068 通り得られたが、ここでは運転台位置の左右動揺の中で、特徴的な結果について述べる。車両の振動モードが急変し、瞬間的に大きなピー

キーワード 軌道変位, 列車動揺, 車両運動シミュレーション

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木 2-2-2 東日本旅客鉄道(株) 設備部 在来線技術基準 G TEL:03-5334-1244

ク値が出ている結果もあったが、全体の傾向を見る中では大きな影響は無いため、今回はそのような値を無視しなかった。なお、動揺の値は8Hzのローパスフィルタに相当する移動平均で処理を行っている。

(1) 振幅 7mm の場合

軌道の左右変位の振幅が 7mm の結果を図 3 に示す。波数 1 では波長 10~20m 程度まではほぼ一定の左右動揺で、それよりも波長が長くなると左右動揺が小さくなっている。一方、波数 2 では特に高速の場合に、左右動揺は波長 22m 付近がピークとなり、110km/h の場合では波数 1 の約 2 倍となっていることが確認できる。

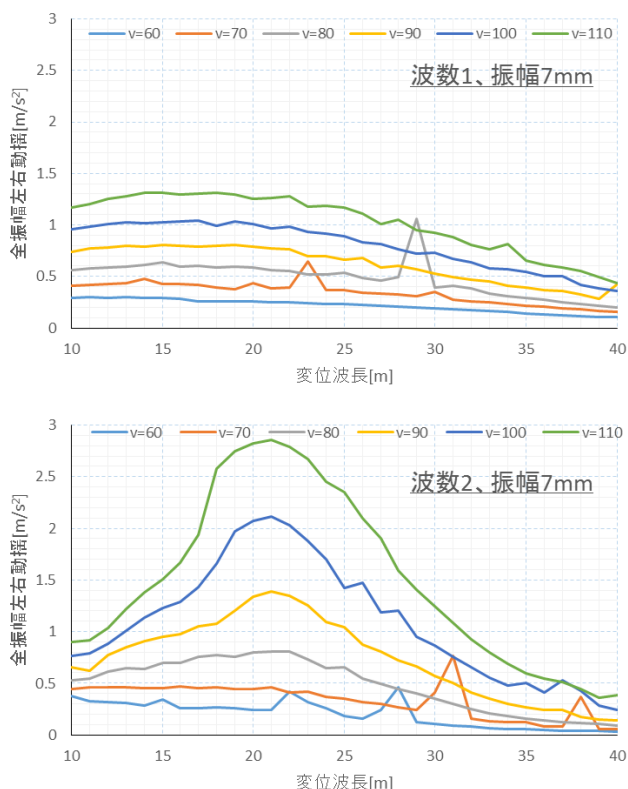


図 3 変位波長と全振幅左右動揺の関係 (振幅 7mm)

(2) 振幅 10mm の場合

軌道の左右変位の振幅が 10mm の結果を図 4 に示す。波数 1 の結果については、波長 13~15m 付近にピークを持つことが確認できる。また、高速で走行するほど長波長の軌道変位の影響を受けるという従来から知られている知見通りの結果が得られた。波数 2 の結果では、波長 18~20m 付近にピークを持ち、波数 1 の場合と比べると広い波長域で大きな左右動揺を確認できる。

なお、これ以外の解析条件の結果より、変位の振幅を大きくすると、波数の違いに関わらずのピークは短い波長域にシフトすることを確認した。

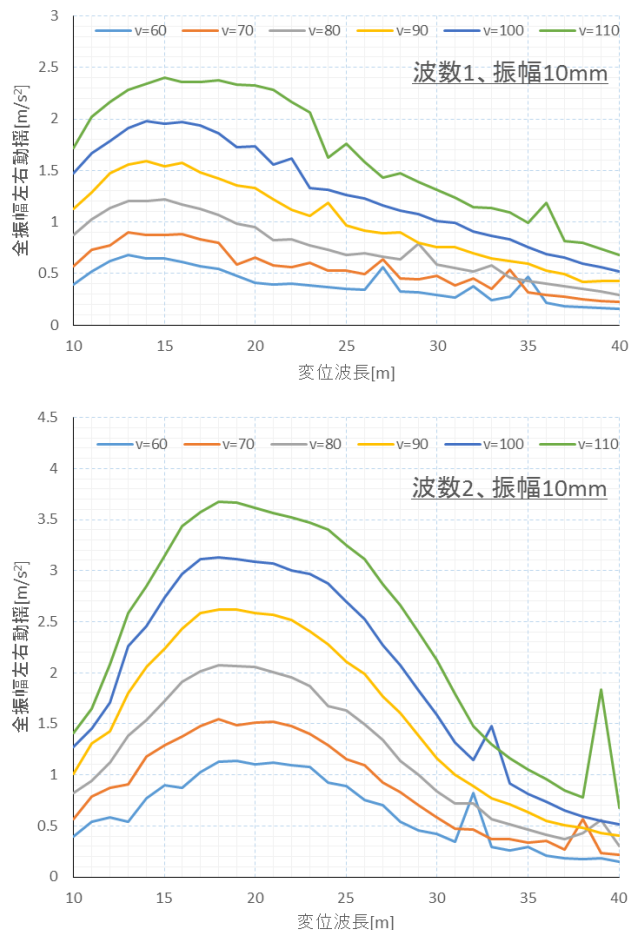


図 4 変位波長と全振幅左右動揺の関係 (振幅 10mm)

4. 考察

顕著な違いが現れた振幅 7mm の波長 22m 付近 (速度 110km/h) について、出力波形を比較すると図 5 のようになり、2 つ目の変位の位置で全振幅が最大になっていることから、連続した通り変位が列車の左右動揺に影響を及ぼしていると考えられる。

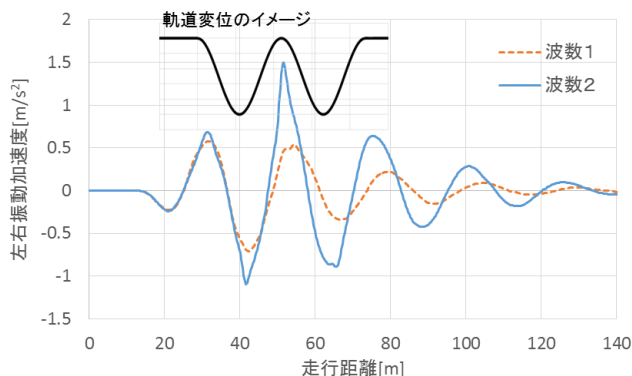


図 5 波数 1 と波数 2 の場合の出力波形の比較

5. おわりに

今回のシミュレーション結果を参考にして、動揺検査の結果から実際の車両の特性を確認し、効果的な整備方法を検討することで、乗り心地のよい線路状態の維持に努めていきたい。