

車両走行シミュレーションによる軌道狂い形状が輪重・横圧変動に与える影響の試算

J R 東海 正会員 ○小林 幹人

J R 東海 正会員 三輪 昌弘

1. はじめに

新幹線における軌道の高低狂いや通り狂いの整備は、乗り心地向上を目的とした長波長整備とともに、走行安全性確保を目的とした、10m弦正矢の測定値による整備が従来から行われている。しかし、10m弦正矢で同じ狂い値として測定される場合でも、軌道狂い形状等により、輪重、横圧などの車両走行特性値に与える影響は異なってくる。そこで、車両走行シミュレーションにより、10m弦正矢で同じ値として検出される軌道狂いの波長や向きが異なる場合に、輪重・横圧変動に与える影響について試算を行った。

2. 試算条件

今回は直線区間に高低狂いを、半径3000m、カント180mmの曲線区間に通り狂いを設定した場合について試算を行った。軌道狂いの大きさ（波高）は予防管理目標値である高低狂い10mm、通り狂い6mmとした。狂い形状は、緊急補修の対象となる比較的大きな軌道狂いは連続して発生することがほとんどないため、取付けを考慮したコサイン一波とし、波長は実態を勘案して6m, 8m, 10m, 12mの4種類とした。狂い形状が一波の場合、10m弦正矢による測定値は波長10m以下では波高がそのまま最大値として検出される。一方、波長12mでは波高の0.933倍が10m弦正矢の最大値となり、10m弦正矢の測定値で同じ値とするには波高を割増す必要があるが、些少のため、今回は同じ波高とした。設定した軌道狂いの例を図-1に示す。なお、左右レールには同じ軌道狂いを設定した。車両条件は300系定員の一車体モデルとし、車両走行シミュレーションソフト Vampire により、速度210, 230, 250, 270km/hの4ケースについて、輪重、横圧の計算を行った。なお、結果は全て進行方向先頭軸のものである。

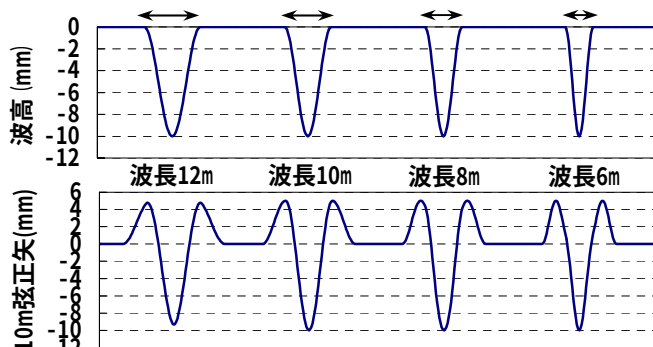


図-1 軌道狂いの設定例

3. 試算結果

まず高低狂いについて、上向きの狂い（高むら）と下向きの狂い（低むら）の場合の計算を行ったが、静止輪重を境に値が反転するだけで結果がほとんど変わらなかったため、ここでは下向きの狂いの結果を示す。

図-2に輪重変動のシミュレーション波形例を、図-3に各速度と波長における最大輪重、最小輪重を示す。図より、高低狂いに対する輪重変動は波長が短いほど大きく、速度依存性も大きくなることからわかる。既往の研究¹⁾における理論解析でも、今回試算を行った波長域では波長が短くなるほど（高周波になるほど）輪重変動が増大する結果が示されており、これらの結果から、輪重変動を抑制する観点からは、10m弦正矢で同じ値であっても、より波長の短い軌道狂いを整備する方が効果的であると考えられる。

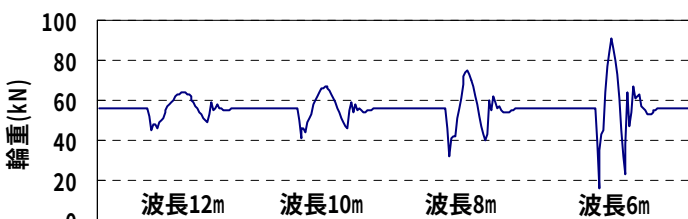
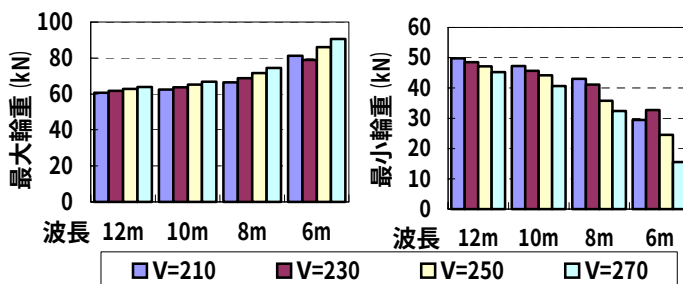
図-2 シミュレーション波形例（輪重）
[直線, 270km/h, 波高 10mm]

図-3 各速度と波長における最大・最小輪重

キーワード シミュレーション, 軌道狂い形状, 輪重, 横圧

連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545-33 J R 東海 技術開発部 T E L 0568-47-5371

次に通り狂いについて、曲線外方および曲線内方に狂いを設定した場合の外軌横圧のシミュレーション波形例を図-4に、各速度と波長の組合せによる最大横圧を図-5に示す。外方の狂いでは、最大横圧は速度に伴い増加するが、波長に対しては増加傾向がさほど明確ではない。一方、内方の狂いでは、波長が短いほど最大横圧が大きく、速度依存性も大きくなっており、波長6mでは外方の狂いを上回る値となっている。この結果から、軌道狂いの向きによって波長の影響度合いが大きく異なるが、総じて横圧に対しては、波長が短い場合により厳しい条件となることがわかる。

軌道狂いの向きにより波長の影響が異なる結果となるのは、輪軸の挙動が異なることが原因と考えられる。外方の狂いと内方の狂いそれぞれの場合の車輪とレールの相対関係として、レールに対する車輪のアタック角とレール／車輪間相対変位（フランジが外軌レールに近づく場合が+）のシミュレーション波形例を図-6に示す。図より、外方の狂いではアタック角が(-)→(+)->(-)と変化しているのに対し、内方の狂いでは(+)->(-)->(+)->(-)と変化していることがわかる。ここで、最大横圧が発生した位置のアタック角と車輪／レール間相対変位の値をみると、内方の狂いでは、アタック角が最初に最大となる位置で、相対変位もほぼ最大となり、その位置で最大横圧が発生しているのに対し、外方の狂いでは、アタック角が最大値をとるよりもやや遅れて車輪／レール間相対変位が最大となっており、最大横圧は両者の最大値が発生した地点の間で発生している。このように外方の狂いではアタック角と車輪／レール間相対変位に位相差が生じているため、波長に対する傾向が明確なものになっていないと考えられる。

なお、今回試算を行った条件で発生した輪重・横圧の値は速度向上判定時に用いられる目安値に対しては十分余裕のある結果であった。

4. まとめ

車両走行シミュレーションによる試算結果から、10m 弦正矢で同じ値として測定される場合でも軌道狂いの波長や向きによって輪重変動や横圧の表れ方が異なることを確認した。全般的に輪重、横圧に対しては、波長の短い軌道狂いで、より厳しい条件となるため、今後 10m 弦正矢による管理に加え、軸箱加速度や偏心矢軌道狂いから求められる短波長軌道狂いなどを補助的な指標として活用することも検討に値すると考えられる。

（参考文献）

- 1) 佐藤吉彦：東海道新幹線において 951 形式試験電車に発生した著大輪重の原因とその対策，鉄道技術研究報告，No.824,1972.9

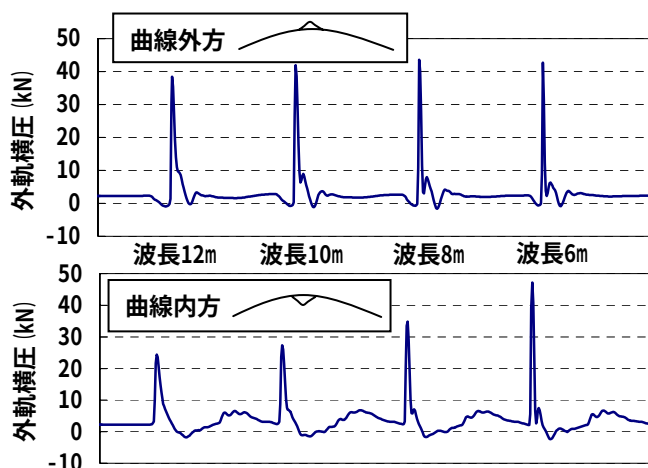


図-4 シミュレーション波形例（外軌横圧）
[R=3000m, C=180mm, v=270km/h, 波高 6mm]

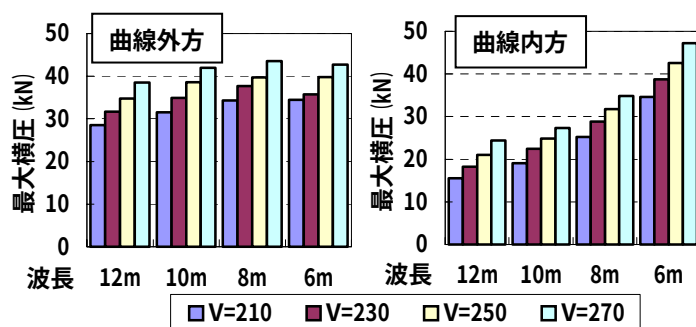


図-5 各速度と波長における最大横圧

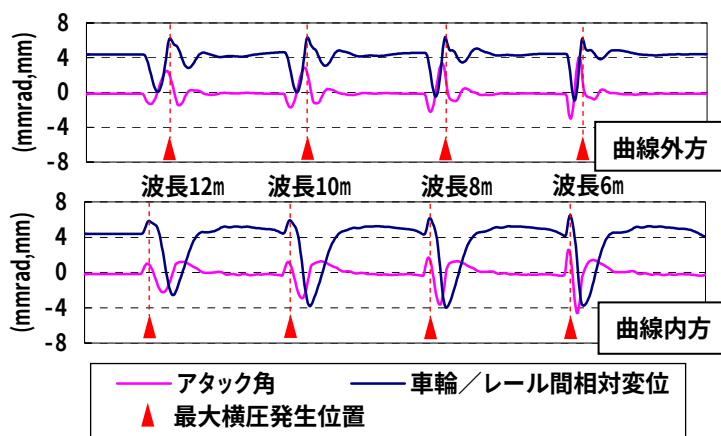


図-6 シミュレーション波形例
（アタック角・車輪／レール間相対変位）
[R=3000m, C=180mm, v=270km/h, 波高 6mm]