

東海道新幹線小田原駅構内速度向上への取組み

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○君島 康太
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 北田 悟
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 平永 稔

1. はじめに

東海道新幹線の速度向上に向けた N700 系の試験列車による走行試験で、小田原駅構内上り本線において、乗り心地指標である車体左右加速度変化率(g/s)が平均的な測定値よりも過大であることが判明した。軌道狂い(mm)、列車動揺値(g)、乗り心地レベル(dB)は基準値内であり、走行安全性に問題はなかったが、平成27年3月に速度向上が予定されている中で、当時の車体左右加速度変化率では、小田原駅構内上り本線において、速度向上後も確保すべき乗り心地に支障をきたす可能性があった。本稿では、小田原駅構内上り本線において速度向上を実現すべく、車体左右加速度変化率が過大となる原因を究明し、改善を行った内容を報告する。

2. 小田原駅構内上り本線の車体左右加速度変化率

車体左右加速度は乗り心地を評価する指標の1つである。走行試験における車体左右加速度のチャートを図-1に示す。小田原駅構内は半径 R=3000m の曲線である。緩和曲線における平均的な車体左右加速度変化率は 0.03(g/s)であるが、小田原駅構内は最大 0.08(g/s)であった。車体左右加速度変化率については、技術基準の解説(緩和曲線)¹⁾によれば、世界的に用いられている数値として標準で 0.03(g/s)、やむを得ない場合で 0.04(g/s)と示されている。そのため、小田原駅構内上り本線においては、速度向上後(当該区間の最高速度は 270km/h から 275km/h へ向上)に確保すべき乗り心地に支障をきたすと考え、車体左右加速度変化率の改善を検討することとした。

3. 車体左右加速度変化率の過大原因究明

車体左右加速度変化率の過大箇所の概況を図-2に示す。小田原駅構内へ繋がる曲線は、大阪方のトンネルや分岐器が介在していることにより、緩和曲線長を十分に確保できない全線の中でも特異な曲線である。現在用いている軌道管理指標では、車体左右加速度変化率が過大なる原因を説明することはできないため、軌道狂いと車両の共振、カント狂いによる列車ねじれ等、様々な観点から仮説を立て軌道整備を行い検証した。しかし、車体左右加速度変化率の抜本的な改善には至らなかったため、線形そのものに注目することとした。図-3に軌道試験車データの基準線補正をしていない(線形成分を含む)実線形の 40m 弦通り(施工前)と台帳線形の 40m 弦を示す。新幹線の緩和曲線はサイン半波長で逓減するのに対し、現場の緩和曲線では直線的に逓減しており、緩和曲線の線形がゆがんでいることが確認できた。次に、この線形狂いが車体左右加速度へ与える影響度合いを見るために、列車の速度・傾き、軌道条件等の物理的関係から、車体左右加速度を推定した。

$$\alpha_H = \left(\frac{V}{3.6}\right)^2 \rho - \frac{c}{G} g - \tan(1^\circ) \times \frac{c'}{C} g = \left(\frac{V}{3.6}\right)^2 \frac{8v}{l^2} - \frac{c}{G} g - \tan(1^\circ) \times \frac{c'}{C} g$$

第1項は円運動により生じる加速度、第2項はカントによる加速度の減少分、第3項はN700系車体傾斜システムによる加速度の減少を表している。

ここで、 α_H ：推定車体左右加速度(g)、 V ：速度(km/h)、 c ：水準(mm)、 G ：軌間(新幹線 1500mm)、 g ：重力加速度(m/s²)、 C ：円曲線中の台帳上のカント(mm)、 c' ：緩和曲線および円曲線における台帳上の設定カント(mm)、 ρ ：曲率(1/m)、 R ：曲線半径(m)、 v ：狂い量(m)、 l ：測定弦長(m)である。

実線形の 40m 弦通りと台帳線形の 40m 弦をもとに推定した車体左右加速度を図-4(施工前)に示す。76k950m 付近に

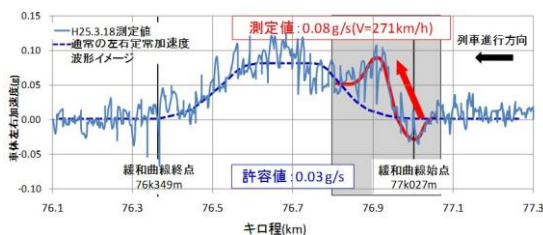


図-1 小田原駅構内上り本線の車体左右加速度



図-2 小田原駅構内上り本線

キーワード 速度向上、車体左右加速度変化率、乗り心地、線形整備

連絡先 〒100-0005 東京都千代田区丸の内1-9-1 東海旅客鉄道株式会社 新幹線鉄道事業本部 施設部保線課 TEL03-5218-6273

において、推定車体左右加速度が台帳線形における加速度よりも大幅に大きくなっており、線形狂いが車体左右加速度へ影響を及ぼしていることが確認できた。軌道試験車データにおいて線形狂いを確認できたため、詳細な線形を把握するために測量を実施した。詳細測量は上り 76k260m～77k110m 間の緩和曲線を含めた $R=3000\text{m}$ の曲線区間を対象に実施した。詳細測量の結果を図-5 に示す。全体的に内軌側へ乖離しており、一部の区間で緩和曲線の曲率の変化割合が理想線形よりも大きく、急カーブになっていることがわかった。一方で、小田原駅構内において、カントはほぼ設計通りに設定されていることが確認できている。つまり、台帳通りのカントに対してより大きな曲率を持つ緩和曲線において車体左右加速度を低減しきれなかったため、車体左右加速度変化率が過大になっていたと考えられる。

4. 小田原駅構内上り本線線形整備

図-5 のような最終計画線(点線)を考えた。施工延長は 380m、最大移動量は 91mm である。線形整備をするにあたり、2 回に分けて線形整備を実施した。1 回目の線形整備は図-5 の 1 回目計画線(破線)のように施工延長を 76k720m～920m の 200m、最大移動量 27mm とし、2 回目の線形整備は、図-5 の最終計画線(点線)を目指し、施工延長は 380m、最大移動量 75mm とし、平成 25 年 9 月 12 日と平成 26 年 1 月 31 日に施工を実施した。2 回目の線形整備後の現場の 40m 弦と推定車体左右加速度を図-3.4(施工後)に示す。図-3(施工後)を見ると、施工前は直線的に逓減していたが、施工後はサイン半波長逓減になっており、線形狂いが改善出来ていることが確認できる。また、推定車体左右加速度も大幅に改善出来ていることが確認できた。なお、図-5 における円曲線終点から緩和曲線終点において、車体左右加速度変化率は許容値内であるが、線形狂いが確認できたため、別途線形整備工事を実施している。

5. 線形整備後の乗り心地評価

2 回目の線形整備前後の車体左右加速度チャートを図-6 に示す。MTT 施工区間内で、車体左右加速度の変化幅が小さくなったことで、車体左右加速度変化率が平均的な計測値と同等の $0.03(\text{g/s})$ になり、63%改善していることがわかる。

さらに、当社の小牧研究施設にある車両運動総合シミュレータを用いて、線形整備後の乗り心地を評価した。線形整備前後の車体左右加速度データについて、被験者が体感による乗り心地を許容できるか否かで評価した。評価基準として立位・座位ともに、被験者の 95% が許容することが求められる中で、図-7 のように、線形整備後では立位・座位とも被験者の 100% が許容するという結果となり、乗り心地の改善を確認することができた。

6. まとめ

- 小田原駅構内での車体左右加速度変化率が過大な原因は、曲線が内軌側へ乖離し、緩和曲線の曲率変化割合が理想線形よりも大きくなり、それをカントにより低減しきれなかったためであった。
- 大規模な線形整備を実施した結果、車体左右加速度変化率を 63%改善し、最高速度を 275km/h まで向上させても問題のない乗り心地を確保することができた。

参考文献: 1) 日本鉄道施設協会: 鉄道に関する技術基準(土木編)

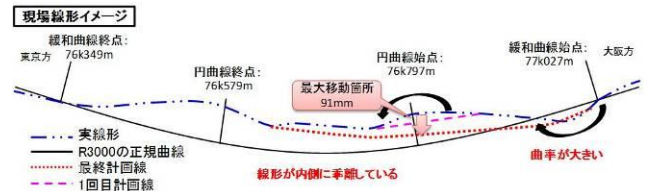


図-5 小田原駅構内上り本線の線形イメージ

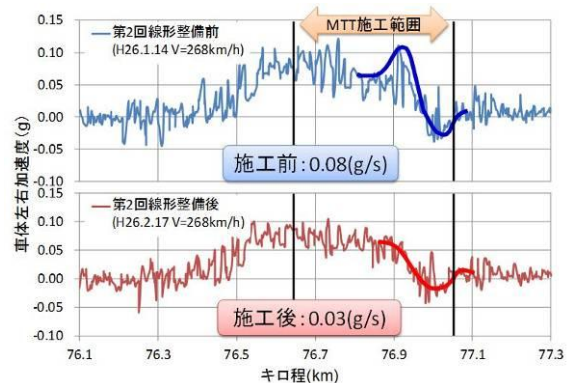


図-6 第2回線形整備前後の車体左右加速度

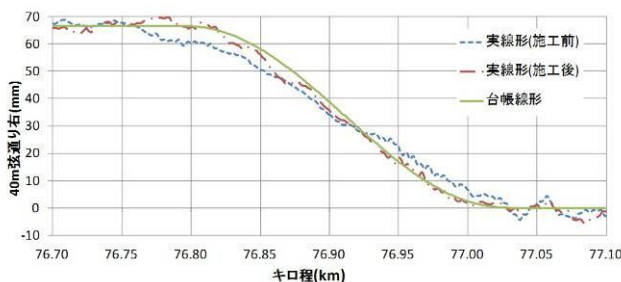


図-3 基準線補正をしていない40m弦通り

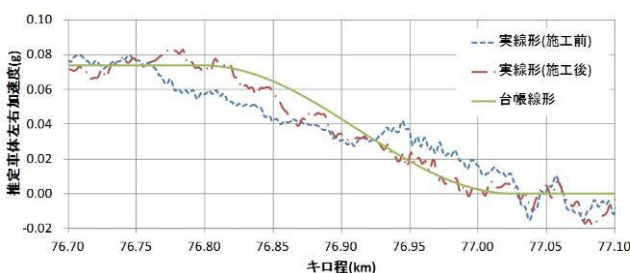


図-4 推定車体左右加速度

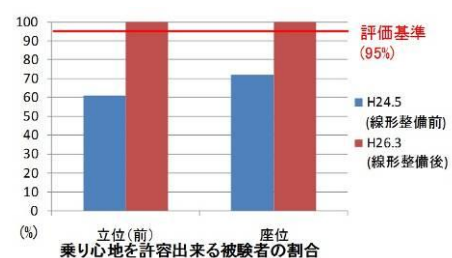


図-7 車両運動総合シミュレータによる乗り心地評価