

高速鉄道の曲線通過速度向上と乗り心地評価法に関する研究

坂 上 啓*

A study for speed-up on curved track with new evaluation method of riding comfort for high-speed trains

by Kei SAKANOUÉ

東海道新幹線の特質の一つとして、最小の曲線半径が2500mと小さいことが挙げられる。曲線では乗客が感じる左右定常加速度と呼ばれる遠心加速度に起因する不釣り合い加速度を基準値以内に抑える必要があるため、曲線半径が小さいことが、曲線における速度向上を阻害してきた。

また直線と曲線の間には緩和曲線とよばれる曲線半径や左右の線路の高低差であるカントが滑らかに変化する区間が挿入されている。この緩和曲線の最低長さが左右不釣り合い加速度の時間的変化率であるジャークや、カントの時間的変化率の基準値により定められており、地形上の制約などにより必要な長さが確保されない場合には、速度を落として通過している。

一方、軌道整備が緻密に行なわれ、車両構造が改良されてきた近年では、車両の振動が低減され、乗り心地が良好に維持されている。現状の評価方法では車両の振動低減を考慮していないため、この振動低減を曲線の乗り心地評価に反映させる新たな評価方法が必要となっている。

そこで本研究ではシミュレータにおいて曲線での乗り心地を再現・評価する手法を確立し、曲線の乗り心地を評価する被験者試験をシミュレータにより行った。この際、振動低減を乗り心地レベルで代表させ、これと緩和曲線と円曲線における代表的な物

理量である左右定常加速度とジャークとの3つの物理量が曲線の乗り心地に及ぼす影響を調査することとした。試験で得られた被験者の回答結果は統計的に有意であることが示され、曲線の乗り心地を定量化する回帰式が得られた。なお、曲線の乗り心地に及ぼす寄与度は概ね左右加速度が4、乗り心地レベルが2、ジャークが1という結果であった。本研究で確立された曲線乗り心地の定量化手法により、乗り心地を悪化させずに速度向上するために必要な振動低減量を具体的に把握することが可能になり、速度向上の実現性や課題を抽出することが可能になる。この問題は東海道新幹線特有の問題から議論を始めたが、実は高速鉄道の曲線乗り心地について幅広く適応することができ、新幹線の乗り心地評価法として有用であると考えられる。

また東海道新幹線は曲線半径2500mの曲線は東京から新大阪間に約50曲線あるため、多くの区間で最高速度から速度を下げて走行している。そのため曲線の通過速度向上に伴い、通過速度が抑えられてきた曲線と隣接する区間の速度向上も可能となる。そのため速度向上による振動の悪化が課題となる。例えばトンネルでは車体の左右動を引き起こす変動空気力が速度とともに大きくなり、乗り心地を悪化させ、明かり区間においても軌道の外乱から車両に伝わる入力が大きくなり、振動が増加する。そのため、

*新潟大学大学院自然科学研究科

現在 東海旅客鉄道株式会社総合技術本部技術開発部
[新潟大学博士(工学) 平成19年9月20日授与]

明かり区間、トンネル区間ともに振動低減対策が必要となる。そこで本研究では車両間の拘束による振動低減策について検討した。その結果、適切な減衰係数を持ったダンパを適切な位置に取り付けることにより、トンネル区間、明かり区間における乗り心地向上が期待できることが明らかになった。さらにそれを具現化する装置例の一つとしてガス封入式車体間前後ダンパを開発した。これは従来から使用されている車体間前後ダンパの課題であった直列剛性の低下を防ぐために、ダンパにガスを封入したものである。このダンパによる振動低減効果について数値解析ならびに現車走行試験により評価を行ない、トンネル、明かり区間ともに振動低減効果があることが示された。この装置は、新型車両だけでなく、既存車の車体間前後ダンパと交換することが可能であり、今後、曲線の速度向上時の振動低減策として有用である。この高速走行時の乗り心地対策についても、曲線乗り心地の定量化手法とともに、東海道新幹線だけではなく、高速鉄道の乗り心地の対策として展開が可能であり、普遍化できるものとなった。

最後に東海道新幹線の半径2500mの曲線を例に、乗り心地の面から速度向上の可能性についてケース

スタディを行なった。その結果、乗り心地レベルを3dB低減させることにより、左右定常加速度を現状より 0.2m/s^2 増加させても乗り心地は悪化しないことが示された。これは現状の通過速度から10km/hほど速度向上が可能であることを意味している。またケーススタディにおいて、3dBの振動低減を実現する方策を検討し、本研究で検討した車両間の拘束による振動低減や、ガス封入式車体間前後ダンパ、既存車の新型車両への置き換え、新型車両で採用されている制振装置を既存車に取り付ける等の工夫による実現可能性や課題が示された。

本研究で確立した曲線の乗り心地評価方法を用いることにより、高速鉄道の曲線通過速度の向上の乗り心地評価が可能になり、その実現可能性や課題を具体的に抽出できることとなる。これは従来の指標にはない特徴であり、本指標は有用かつ新規性の高いものであることを示している。

謝辞：本研究の遂行ならびに学位論文の執筆に当たり、主指導教官である谷藤克也教授にご指導、ご鞭撻を賜りました。ここに深く謝意を表します。