

新幹線における乗心地向上対策について

○東日本旅客鉄道株式会社 正会員 山本 修平
 東日本旅客鉄道株式会社 山中 貞男
 東日本旅客鉄道株式会社 竹内 智希

1. 背景と目的

当社の新幹線ではお客さまの乗心地向上を目的として、乗心地レベルに着目した軌道整備を実施してきた結果、一般区間においては軌道変位を除去することで一定の成果がみられたが、320km/hの高速運転開始以降、縦曲線部においては、更なる乗心地レベルの向上が課題となっていた。現在は、定常加速度を低減させることを目的として、縦曲線半径の拡大を実施し乗心地を改善する対策が取られているが、縦曲線の勾配変化率によって延長、こう上量が大きく変化することから、施工量を勘案すると3‰以下の箇所には適していない(図-1)。

そこで今後の更なる高速化に向け、管内の縦曲線のうち6割を占めている4‰以上の縦曲線にも適用できる、縦曲線部における乗心地向上対策について検討した。

2. 対策案の検討

縦曲線部における営業列車の動揺の発生状況を確認したところ、縦曲線の始終点付近にて比較的大きな動揺が生じ易いことが確認された。そこで始終点付近において、乗心地レベルの良い箇所と悪い箇所(86dBを閾値として良悪を判定)の動揺及び軌道変位の比較を実施した。その結果、40m弦高低変位や10m弦高低変位の軌道変位での判別は難しいが、電気・軌道総合検測車(East-i)の両端(16.4m間隔)の高低用変換機の高低差を測定し、軌道縦断方向の絶対線形の変位を表した長波長高低変位について、諸元と実測値で比較すると、乗心地レベルの良い箇所では出入口が緩やかになっており、部分的に半径が拡大されているような線形となっていること(以下、良性変位)、悪い箇所(以下、悪性変位)では出入口の半径が縮小されている傾向があることがわかった(図-2,3,4)。

上記のことから、縦曲線に緩和曲線を挿入することで乗心地が良化できる可能性が高いと推測し、緩和曲線の挿入を行うこととした。

3. 緩和曲線について

主に鉄道で使用されている緩和曲線の形状には曲率を曲線逓減する「サイン半波長逓減曲線」と、曲率を直線逓減する「3次放物線」の2種類があるが、本研究ではより滑らかであり、高速区間に適用されている「サイン半波長逓減曲線」を用いて緩和曲線を挿入することとした。縦距の基本式は

$$y = \frac{x^2}{4R} - \frac{X^2}{2\pi^2 R} \left(1 - \cos \frac{\pi}{X} x\right)$$

R: 接続する縦曲線半径(m) X: 緩和曲線長(m)
 x: 緩和曲線始点からの距離(m)

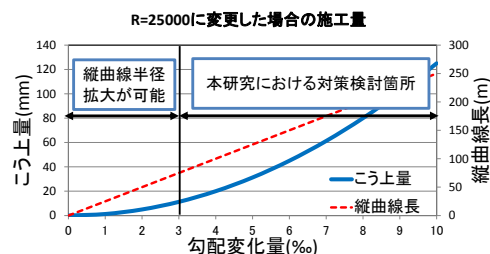


図-1 縦曲線半径拡大に伴う施工量

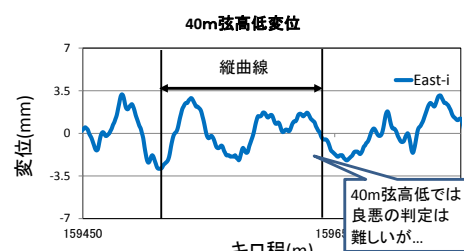


図-2 40m弦高低変位(良性変位)

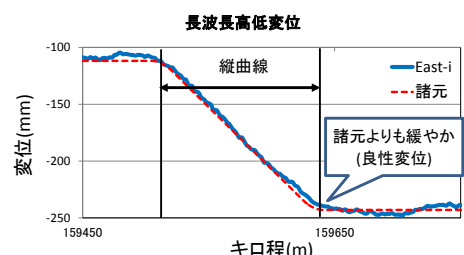


図-3 長波長高低変位(良性変位)

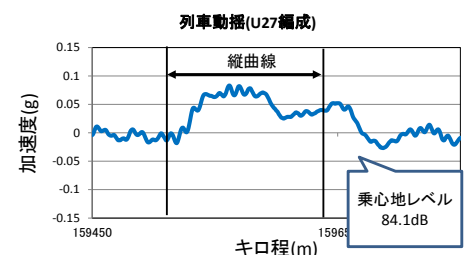


図-4 列車動揺(良性変位)

キーワード 縦曲線, 乗心地レベル, 緩和曲線, サイン半波長逓減曲線

連絡先 〒321-0965 栃木県宇都宮市元川向町 1-48 宇都宮新幹線保線技術センター TEL 028-625-1743

であり、任意の縦曲線半径と曲線長によって算出することができる。この縦距と諸元の縦距の差分をこう上量として与え、緩和曲線を挿入する。また勾配変更点の標高を変えずに緩和曲線を挿入しようとした場合、取付部が必要となる(図-5)。そこで緩和曲線長については 80m と 50m の 2 パターン、取付方法については直線通減・曲線通減 (1)・曲線通減(2)の 3 パターンを組み合わせ合計 6 パターンについて比較検証することとした(図-6,7,8)。

特に曲線通減(2)は緩和曲線部の縦距変化率が 0.1mm を切った箇所から曲線通減で取付ける方法であり、曲線通減(1)と比較すると取付延長を 18m 長く出来るため(緩和曲線長 80m の場合)、取付部での動揺を抑制できると推察した。なお、標準的な取付延長は 5000 倍の倍率で直線通減をした場合(高速区間における一般的な取付倍率)の延長とした。

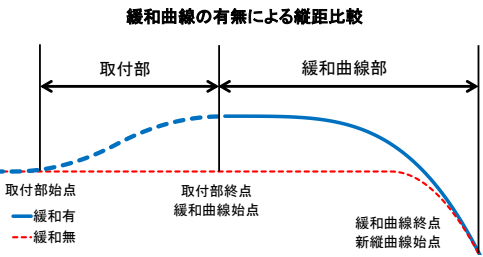


図-5 縦距比較

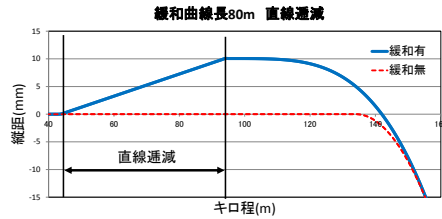


図-6 縦距(直線通減)

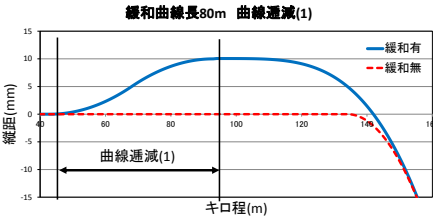


図-7 縦距(曲線通減(1))

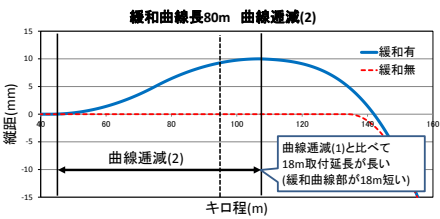


図-8 縦距(曲線通減(2))

4. 施工結果

施工した結果の一例(緩和曲線長 80m,曲線通減(2))を右に示す(図-9,10)。軌道変位上の顕著な違いは確認できないものの、動揺は 0.06g 良化していることがわかる。また乗心地レベルも施工前と比較すると最大 5.4dB 良化し 82.4dB となっていることが確認できる。

施工パターン別の結果についても以下に示す(表-1)。いずれのパターンにおいても乗心地の改善がみられ、本対策が有効な手段であると考察した。施工パターンにより、動揺、乗心地レベルともに改善度に差があるが、これは現状の施工精度では取付方法よりも緩和曲線長が乗心地に影響を与えていることを示唆しており、取付延長を短くし緩和曲線長を長く施工することで更なる乗心地改善が可能であると推察する。

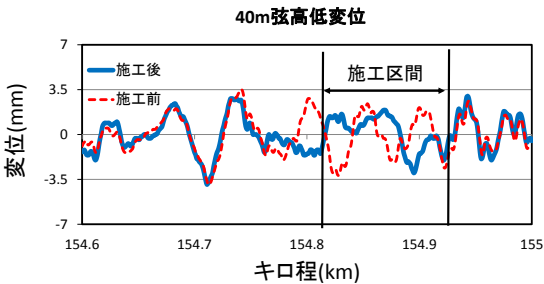


図-9 施工前後軌道変位

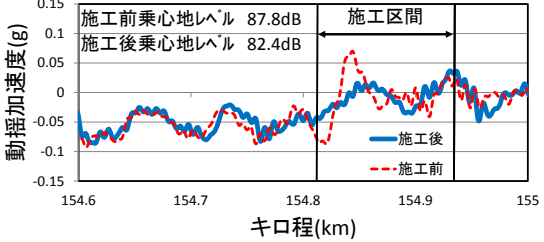


図-10 施工前後列車動揺

表-1 施工結果一覧

緩和曲線長の影響が大きい	緩和曲線部	取付部	取付方法	施工前平均		施工後平均		改善度	
				乗心地レベル(dB)	動揺(g)	乗心地レベル(dB)	動揺(g)	乗心地レベル(dB)	動揺(g)
80m	50m		直線通減	84.6dB	0.12g	82.9dB	0.09g	1.6dB	0.04g
			曲線通減	85.9dB	0.13g	82.6dB	0.08g	3.3dB	0.05g
			曲線通減②	86.1dB	0.14g	82.7dB	0.08g	3.4dB	0.06g
50m	20m		曲線通減	85.1dB	0.12g	84.0dB	0.10g	1.1dB	0.02g
			曲線通減②	87.1dB	0.13g	84.6dB	0.09g	2.5dB	0.04g

5. まとめ

本研究では新幹線の高速化を見据えた乗心地の向上に向けて、縦曲線への緩和曲線挿入対策により乗心地レベルの改善の可能性を見出すことが出来た。複雑なこう上量計算の解消や最適な取付延長、緩和曲線長の決定手法を定量的に確立する必要があるが、勾配変化率に依存しない施工が可能であるため、縦曲線半径拡大に加え適用することで、更なる乗心地向上の実現が可能であることを示唆している。今後も多角的な視野から新幹線の乗心地向上に努めていきたい。