山陽新幹線における新たなスラブ区間長波長軌道整備基準の制定について

JR 西日本　正　○　山根　寛史
JR 西日本　正　　岡戸　直樹
JR 西日本　正　　鈴木　洋平

1. はじめに

現在、山陽新幹線におけるスラブ区間の乗心地がバラスト区間と比較して相対的に悪い現状にある。バラスト区間については新幹線の高速化に伴い、MTT を用いた 40m 弦 σ値整備などにより対応してきた一方、スラブ区間については作業性の問題や整備費用を理由に長波長整備が抑制されてきたためである。鉄道事業者として均一でかつ乗心地の良い軌道を提供するためにはスラブ区間における乗心地向上施策が急務であると考えられえる。しかしながら、バラスト区間の乗心地と同水準にするためにはその整備延長は非常に膨大である。そこで効率的な軌道整備のために、乗心地に影響を与える軌道狂いを左右動揺と軌道狂いの周波数分析により抽出した。その結果、左右動揺の乗心地に影響を与える軌道狂いとして平面性狂いと 40m 弦通り狂いが重要な要素であると結論付けた。本稿では実施工によりその有効性を確認するとともに、新たに策定したスラブ区間長波長軌道整備基準を紹介する。

2. 乗心地レベルと軌道狂い σ値との相関性

周波数分析から、40m 弦通り狂いと平面性狂い（2.5m 間隔）が左右動揺との相関性が高く、左右動揺を引き起こす軌道狂いであるといえる。しかしながら、軌道整備を行っていく上で、膨大な延長の中から施工対象箇所を絞り込んでいくためには区間代表値である乗心地レベルと軌道狂い σ値によることがより効率的である。被説明変数を乗心地レベルとし、説明変数を 40m 弦通り狂い σ値と平面性狂い σ値とした表 1 に示す重回帰分析結果から、乗心地レベルと 40m 弦通り狂い σ値、平面性狂い σ値の関係を式１として得た。

説明変数	係数 a	係数 b	係数 c	（重）相関係数
40 通り σ& 平面 2.5 σ	3.03	5.55	76.9	0.533

【乗心地レベル】= a×【40m 通りσ値】+ b×【平面（2.5） σ値】+ c

表 1 乗心地レベルと軌道狂い σ値との重回帰分析

（乗心地レベル）＝　30.3　×（40m 弦通り狂い σ値）　＋　5.55×（平面性狂い σ値）＋76.9　（式 1）

3. 列車速度と線形による影響について

乗心地改善を目的とした新たな軌道整備指標策定のために次の検証を行った。

3-1.速度による相関性への影響

ここまでの分析では、列車速度 300 ㎞/h 付近の区間を対象としてきた。しかし、実際には施工対象箇所が必ずしもこの速度域であるとは限らない。そこで、他の速度域についても同等の相関性が得られるのか否かを検証した。表２に列車速度域別の軌道狂い σ値と乗心地レベルとの相関性の違いを相関係数で示す。これによると列車速度が遅い区間ほど乗心地レベルと軌道狂い σ値の相関は高いことが確認できる。よって列車速度に拠らず本手法を適用しても問題は無いと考えられる。

	210～240km/h	240～270km/h	270～300km/h
40m 弦通り σ値	0.59	0.52	0.49
平面性狂い σ値	0.41	0.36	0.35
通り&平面性	0.64	0.58	0.54

表２　列車速度別での軌道狂い σ値と乗心地レベルとの相関係数

3-2.直線と曲線による相関性への影響

次に表 3 に直線と曲線という線形の違いが相関性に及ぼす影響を検証した結果を示す。相関係数に差異は無く、結果として問題にはならないと考えられる。これは、もともと乗心地レベル算出時には定常加速度成分を排除しており、また平面性 σ値の算出についても移動平均法により曲線の影響を除外した狂いを採用しているためであると考えられる。

	スラブ直線	スラブ曲線
40m 弦通り σ値	0.45	0.44
平面性狂い σ値	0.28	0.33
通り&平面性	0.49	0.50

表３　直線と曲線での相関係数の違い

Keyword :乗心地、平面性、新幹線、スラブ、乗心地レベル
連絡先：JR 西日本　広島支社　新岩国新幹線保線区　0827-46-1131

4.　実施工による乗心地良化の検証

4-1.試験施工区間の選定

平面性狂いが左右動揺の乗心地に及ぼす影響を試験施工により検証した。今回の試験施工の目的を鑑みて、40M 弦通り狂いが良好であり、かつ平面性狂いと乗心地 Lv が悪い箇所を選定した。そこで山陽新幹線下り本線 906k958m から 907k128m（L=170m）、第 1 桜谷トンネル内上り勾配 15‰、曲線半径 3500m、カント 180mm の A55 スラブ区間を試験施工区間とした。

4-2.試験施工での効果の検証

図 1 に 200m ロット平面性狂い σ値、図 2 に 200m ロット 40m 弦通り狂い σ値、図 3 に 200mロット乗心地レベルの施工前後での変化を示す。長波長むら直しの施工によって平面性狂いを良化させた区間で乗心地レベルが大きく改善されていることが図 1、3 より確認できた。しかしながら、図 2 より、40m 弦通り狂い σ値はほとんど改善していないことが確認できた。今回の試験施工では平面性狂いσ値の良化度合いが大きく、平面性狂い（高低狂い、水準狂い）を整正することによって、乗心地レベルが改善したと言える。

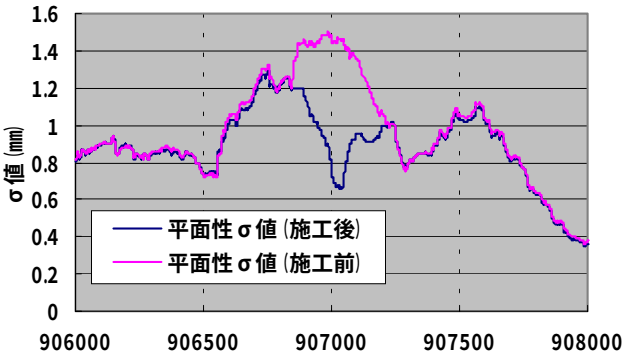

図 1:試験施工前後の平面性狂い σ値

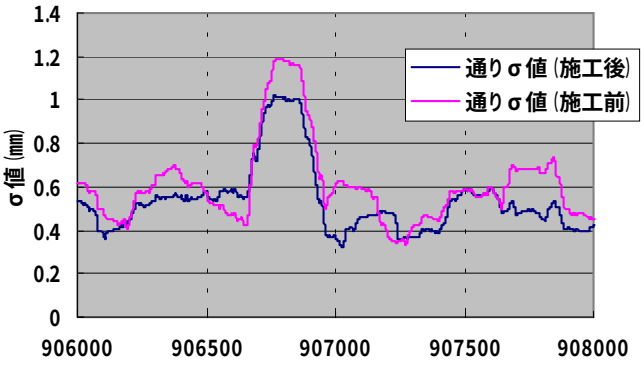

図 2:試験施工前後の 40m 弦通り狂い σ値

5.　乗心地改善を目的とした長波長軌道整備基準

これまでの解析と試験施工結果から、乗心地レベル改善を目的としたスラブ区間における長波長軌道整備基準を表 4 に定めた。施工対象箇所の選定手段として均一な乗心地提供の観点から、山陽新幹線のバラスト区間の 95%が乗心地レベル 88dB を下回るため乗心地レベル 88dB 以下を 1 次施工の選定条件とした。しかしながら、車両形式による個体差を 4dB と考えより、均一な乗心地の提供のために 2 次施工として 84dB 以下を選定条件とした。次に、表 1 の重相関分析結果から求められる式 1 に乗心地レベル 88dB を代入して得られる式 2 を用いて、選定された箇所の中で軌道起因により動揺している箇所を絞り込む。

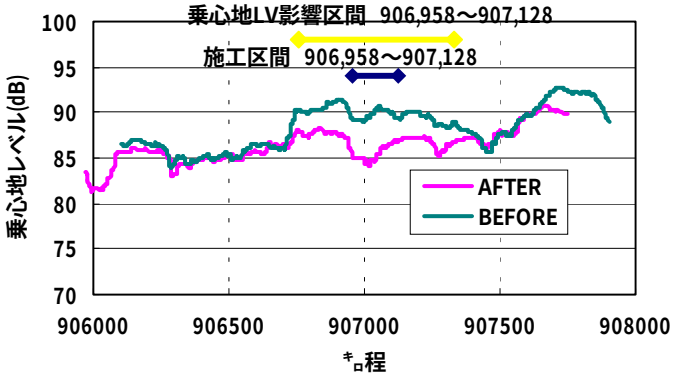

図 3:試験施工前後の 200m ロット乗心地レベル

（40m 弦通り狂い σ値）　＋　1.8＊（平面性狂い σ値）　≧　3.6 ㎜　　（式 2）

以上より抽出された箇所を軌道狂い σ値により工種選定を行い、乗心地悪化に寄与している軌道狂いを解消する。

	軌道整備投入基準値		
区間選定	乗心地レベル 88db 以上　＆　40m 弦通り σ+1.8 平面性狂い σ値≧3.6mm		
工種選定	長波長通り整正	長波長むら直し	長波長むら直し&通り整正
	40m 弦通り σ値 2.0mm 以上	平面性狂い σ値 0.85mm 以上	40m 通り弦 σ値 2.0mm 以上　＆　平面性狂い σ値 0.85mm 以上

表 4　スラブ区間長波長軌道整備基準

6.　おわりに

平面性狂いと 40m 弦通り狂いが左右動揺に影響を及ぼすことが周波数分析、回帰分析により確認することができた。また試験施工の結果から平面性狂い整備の有効性を検証することもできた。この指標は既に基準としており、山陽新幹線での均一な乗心地提供のために平成 15 年度よりスラブ長波長軌道整備を進めて行く。