

1514 新幹線における動揺解消方法の一考察

正 [土] ○青木宣頼 (JR 東日本)

Study of vibration reduction in Shinkansen

Fusayoshi Aoki East Japan Railway company. 2-429 Kitaku Nishin-cyou, Saitama City

Instead of relatively good track condition, there is uncomfortable vibration in Shinkansen line. In this paper we discussed two problems. One is relatively high frequency vertical vibration, the other is unexpected lateral vibration. We carried out some measurement on site to solve these problems. We clarified that relatively high frequency vertical vibration is caused by deflection of slab and unexpected lateral vibration is caused by unmatched rail profile at welded point. According to our analysis, we make the measures of these vibrations. We conducted these measures and confirmed the effect of these measures on site.

Keywords:: Deflection of slab, Rail profile, Welded point

1. はじめに

新幹線において軌道変位が小さいにもかかわらず動揺が発生している箇所がある。そこで、そういった箇所の構造物の状態やレール形状に着目して動揺を解消する方法を検討した。ここでは2種類の振動について現地調査を含めて解析した。その結果、これまで着目されてこなかった短波長軌道変位を管理することにより比較的高周波の振動が解消されることや溶接部を起点とした動揺はレール形状の瞬時の変化が問題であり、この部分を削正により解消することで動揺が改善されることが分かったので報告する。

2. ビビリ振動対策

一部の新幹線スラブ区間において非常に細かい上下方向の振動(以下「ビビリ振動」と称す。)が発生している。この振動は走行安全上問題ないが、お客様に対して不快感を与える振動である。平成15年頃から認識され始め、徐々に発生区間が広がっている。この振動は走行速度220km/h以上の区間で顕著に発生しており、その周波数は約13Hz、波長にすると5mとなる。そこでこのビビリ振動を低減するために、波長5mに着目して軌道側の対策を講じた。

ビビリ振動が発生しているのは、主に旧型2階建車両である。そこでビビリ振動が発生している区間を走行している3種類の車両で動揺を測定した。旧型2階建て車両の上下方向の振動のパワースペクトルの解析結果を図1に示す。図よりこの車両には13Hzにピークが見られる。この周波数帯は車体の一次曲げモーメントである。

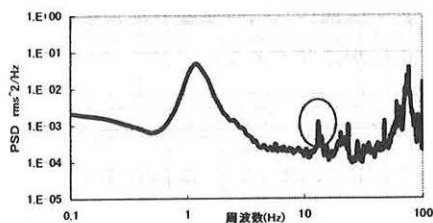


Fig.1 PSD of vertical vibration

この区間の走行速度は240km/h(66m/s)であるので波長は5mとなる。この波長は、スラブ長さ一致し、5mの周期的な狂いを発生させる原因としてスラブの煽りが考えられる。そこで、スラブの煽りを抽出するのに適した5m弦高低変位をもちいて¹⁾、ビビリ振動が発生している箇所を調査した。図2に5m弦高低変位と動揺波形(8-20Hzバンドパスフィルター処理)を示す。

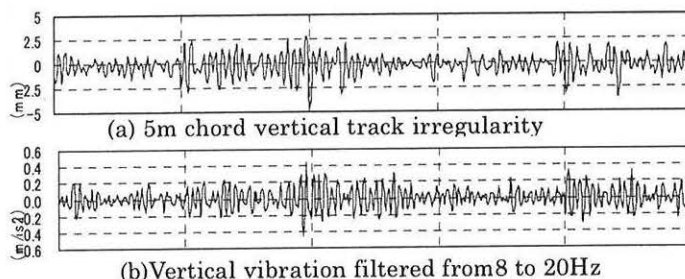


Fig.2 Measuring result

動揺波形と5m弦高低波形を比較すると、ビビリ振動が発生している箇所では5m弦高低変位が2.5mm以上となっており、当該区間ではスラブが煽っているものと推測される。ビビリ振動の原因はスラブの煽りによる5m弦高低変位が考えられたため、スラブの煽りを止めとともに、5m弦の高低変位の整正を行った。整備方法はスラブ下面のCAモルタル欠損部の補修を行った後、5m弦高低変位をタイプレート下にPA板を挿入するレール面整正を実施した。軌道検測車の施工前後の動揺変位の比較と旧型2階建車両による動揺測定結果を図3に示す。図中の500mの範囲が補修した範囲であり、5m弦高低変位が大きかった箇所では改善されていることがわかる。また、5m弦高低変位が改善された箇所の動揺の振幅が低減していることがこの図からわかる。よって5m弦高低変位に着目して補修することで、ビビリ振動が解消される可能性が示された。

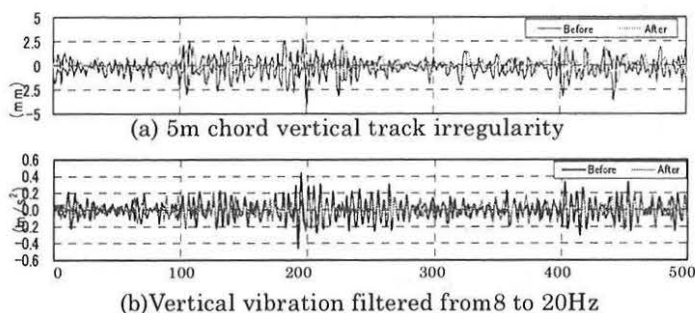


Fig.3 Comparison of before and after measures

3. 溶接を起点とした動揺対策

新幹線では乗心地向上のため40m弦、安全のため10m弦の軌道変位を用いて管理を行っている。しかし、通り変位、水準変位が小さいにも関わらず左右動が発生している箇所が散見される(図4)。そこでこれらの動揺の原因を調査するため、材料、作業履歴を確認し現地調査をした。

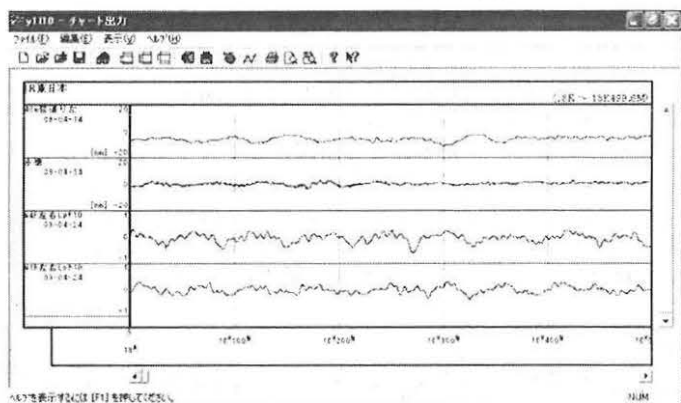


Fig.4 Track measuring data

発生箇所の材料、作業履歴を確認すると近年レール(I)交換した箇所であった。そこで現地のレール溶接箇所、IJでのレール断面形状、レールと車輪の接触点(照り面)、溶接部の凹凸を調査した。調査結果を図5~7に示す。図5に示すようにIJ前後のレール断面溶接部で照り面が著しく変化し、図6に示すように溶接部を境に接触面が広がっていることが確認できる。IJは敷設後約1年であるが、前後のレールは敷設後20年経過している。図6に示すレール面形状からも溶接部前後で形状が変化していることが確認された。つまり溶接部付近でレールと車輪の接触点が飛び移ることにより動揺が発生しているものと考えられる。このことは中川等²⁾も同様の報告をしている。

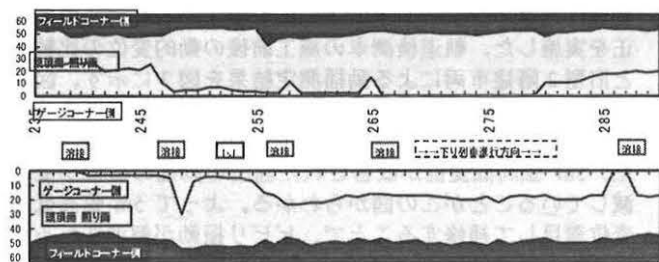


Fig.5 Rail surface condition

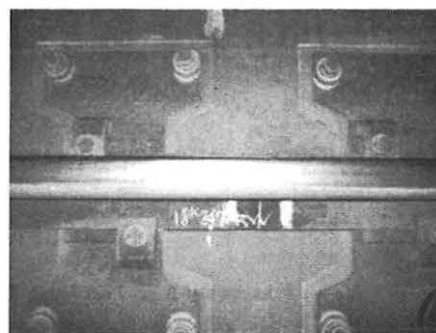
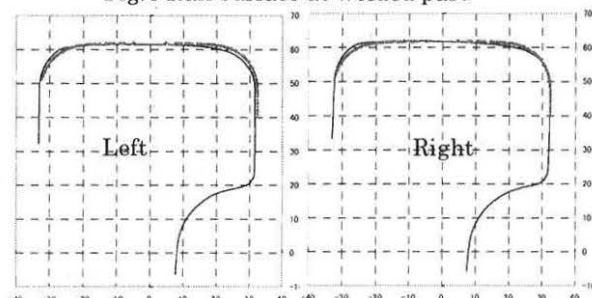
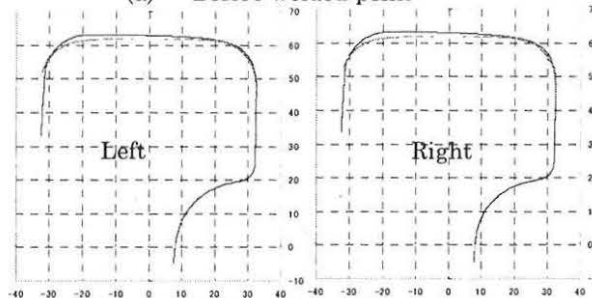


Fig.6 Rail surface at welded part



(a) Before welded point



(b) At welded point

Fig.7 Rail profiles

そこで、IJ部を含む前後の溶接箇所のレール形状を揃えるために、グラインダーによるレール削正を実施した。その後動揺測定を実施した。その結果、単発的に発生していた動揺を解消することができた。レール溶接部の仕上り基準は頭頂面の1mと2mの凹凸量で管理しており、断面形状についても、摩耗レールとの溶接の場合は摩耗差の1000倍で取付けることが指導されている。しかしながら、乗心地を改善するためには新旧レールの断面形状を揃えることが重要であることが明らかとなった。新たな仕上り基準の検討が今後の検討課題である。

4. まとめ

これまで乗心地を管理するためには長波長(40m弦)の軌道管理や、溶接部の凹凸量の管理が必要とされてきたが、軌道管理のレベルが向上するにつれ、他の原因による動揺が目立つようになりつつある。そこで、これまで管理されてこなかった短波長(5m弦)の軌道管理や、レール断面形状の管理が重要である。今後、乗心地向上のためにこれらの値について管理基準の策定について検討していくことが必要である。

参考文献

- 1) 青木:「CA モルタルの効率的な検査方法の研究」J-Rail2006,2006.11,pp209-211
- 2) 中川他:「実測動揺を用いた乗心地評価手法と評価に影響する地上側要因について」,J-Rail2006,2006.11.