

新幹線における上下ビビリ振動対策の検討

J R東日本 大宮支社設備部保線課新幹線G 正会員 ○井上 淳
J R東日本 宇都宮新幹線保線技術センター 正会員 池谷 和之

1. はじめに

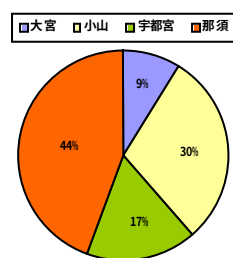
2010年12月、新青森開業に伴い、東北新幹線の速度向上を実施する。当社の動揺・乗り心地管理は、リスク管理として、アクティブサスペンション等の故障を想定し、速度換算1.5乗則により、速度向上後の動揺値が基準値超過する箇所に対して軌道整備を投入する施策となっている。

その一方で、特に上下動揺については、East-iと営業列車では動揺・乗り心地状態が異なり、列車巡視、客席に乗車した際には、体感として、上下の短波長振動、「上下ビビリ振動」発生箇所が散見される。この体感は、現場良く列車巡視に従事している社員の声からも出ている。「上下ビビリ振動」とは、体感としては「細かな上下方向の振動」を表し、学術的には「約4Hz以上の振動数を持つ上下振動」とされている。この上下のビビリ振動は車両のアクティブ制御では抑えることが難しい揺れであり、お客さま視点での乗り心地管理として、東北新幹線の速度向上後の課題として残ると考えられる。

そこで、本研究では、「上下ビビリ振動対策」をテーマとして取り組むことにした。

2. 現状把握(上下ビビリ振動発生箇所の抽出)

大宮支社管内の上下ビビリ振動発生箇所を把握するため、自らの列車巡視の他、技セ社員による定期的な列車巡視・手動揺から、体感として上下ビビリ振動を感じた箇所を抽出した。その結果、大宮支社管内で33箇所、総延長26.6kmが抽出され、そのエリア別で見ると、宇都宮以北が半数以上を占めている。その他、下記の特徴が挙げられる。



◇ 上下ビビリ振動は、0.08g程度で小刻みな振動波形として現れる。

◇ 2～4mmの10m弦高低変位が連続、3～4mm程度の5m弦高低変位が発生している。

◇ 軸箱加速度(低周波)データで、連続波形が発生し、輪重波形のバランスが良くない。

◇ 那須地区の上下ビビリ振動発生箇所では、スラブ検査の結果、不良箇所が多数存在する。

上下ビビリ振動は、スラブ下面CAMの劣化、軌道パ

キーワード 新幹線、上下動揺、短波長、周波数分析、

連絡先

〒330-9555 埼玉県さいたま市大宮区錦町434番地4 TEL 048-642-7426

ッド・可変パッドの劣化によって高低変位が発生していると想定される。この推定を検証し、対策方法を検討するため、上下ビビリ振動が顕著な下記の箇所をモデルとして取り組むことにした。

東北新幹線下り 124k200m～124k800m L=600m

3. 動揺データ、各種データの分析(原因分析)

モデル区間の営業列車の動揺チャートを図2に示すが、124k300m付近から上下ビビリ振動が発生していることが分かる。

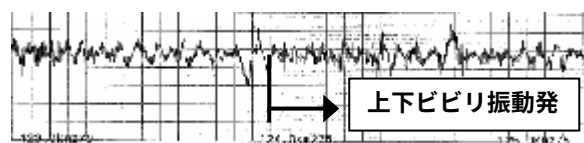


図2: 手動揺チャート(上下)

この手動揺測定結果を定量的に評価するため、周波数分析を行った結果を図3に示すが、7.1Hz、速度換算で波長8.8mの上下ビビリ振動成分が確認できる。検測特性を考えると、動揺発生原因は10m弦高低変位及び軸箱加速度データ(低周波、30Hz以下)で確認できると推測できる。

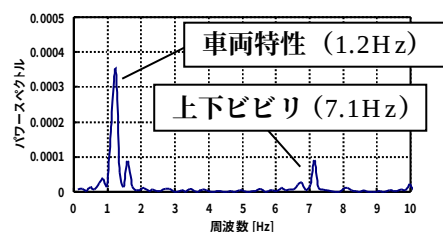


図3: 手動揺の周波数分析結果

周波数分析の結果、図4の10m弦高低変位に着目すると、124k230m付近から約3mmの連続変位が発生していることが分かる。この高低変位の発生原因として、スラブ下面CAMの劣化が想定されることから、スラブ検査結果に着目すると、モデル区間内にCランク判定(隙間が2mm以上)箇所が10箇所存在しているが、高低変位発生位置との相関性はなかった。

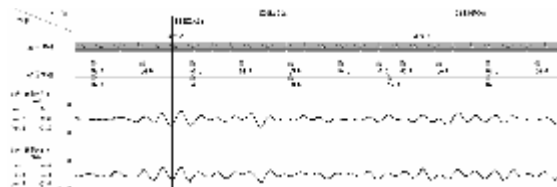


図4: OAチャート(10m弦高低)

スラブ検査は静的な検査であり、また、検出特性上、スラブ下面 CAM の劣化、アオリの発生と相関性のある軸箱加速度データ（低周波）にも着目してみると、図 5 から、1.0g 以上の連続した波形が発生しているが、一定の目安となる 2.0g 以上のデータは存在しなかった。

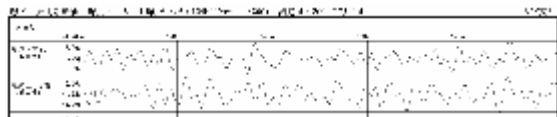


図 5：線路診断チャート（低周波）

以上の分析結果より、上下ビビリ振動の発生原因は下記の事項が考えられる。

- 動揺発生原因は約 3mm の 10m 弦高低変位。
- 変位の発生原因は、パッド類、スラブ下面 CAM の劣化によるアオリ、桁のアオリと想定。

4. 現場調査（原因分析）

想定される原因を追究するため、夜間及び日中に現場調査を行った。調査項目は下記の事項である。

- 10m 弦高低変位の静的検測
- パッド類、スラブ下面 CAM の状態
- その他、基本構造、桁構造、体感によるアオリ

調査結果を図 6 に示す。10m 弦高低変位の静的検測の結果、動変位と静的変位の差は小さく、また、スラブ、桁自体のアオリは確認されなかった。

軌道パッドについては、回収して調べた結果、規格より 0.5～1.0mm 薄く、ばね定数は、規格が 60kN/mm に対して最大 77kN/mm で、規格外の材質であった。可変パッドの状態は良好であった。その他、分かったこととして、10m 弦高低変位が発生している箇所では、単 T 桁、調整桁が存在していることが分かった。

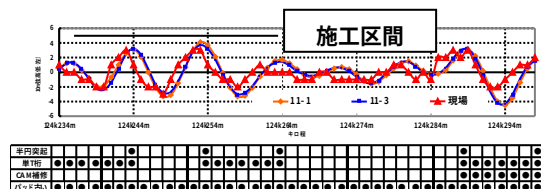


図 6：現場調査結果と施工位置

5. 対策（施工内容）

以上の分析及び現場調査結果から、上下ビビリ振動の発生原因は 10m 弦高低変位であり、整備方法としては、スラブ・桁のアオリがなかったことから、動揺発生 の始点にレール面整正を投入することにした。

東北新幹線 下り 124k235m～124k263m L=28m

6. 施工結果と効果確認

レール面整正の施工結果、施工前後の 10m 弦高低変位を図 7 に示すが、最大 1.2mm と波形状態からも精度良い仕上りを得ることができた。



図 7：施工前後の 10m 弦高低変位

軌道整備の効果確認として、動揺状態に着目した結果を図 8 に示す。上段が East-i、下段が営業列車・手動揺測定結果である。両者ともに、施工箇所付近の動揺波形に多少の変化があり、改善していることが分かる。

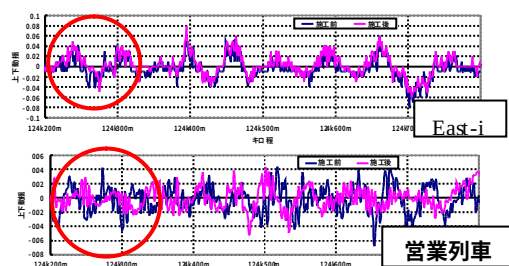


図 8：施工前後における動揺状態

次に、施工前後の動揺値について周波数分析を行った結果を図 9 に示す。施工前後を比較すると、低減を目的としていた約 7Hz 付近の周波数領域において、パワースペクトルが改善されていることが分かる。

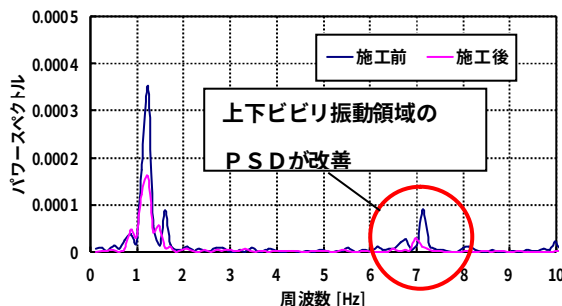


図 9：施工前後における手動揺の周波数分析

7. まとめ（得られた知見）

本研究では、新幹線の上下ビビリ振動に着目し、その分析手法及び対処方法について実施工を踏まえて検討を行った。その結果、以下の知見を得た。

【ステップ 1】（動揺の分析方法）

- ・ East-i、手動揺測定結果の周波数分析を行う。
- ・ OA チャート、軸箱加速度データを確認する。

⇒ビビリ振動に直接影響している高低変位が分かる。

【ステップ 2】（対処方法、軌道整備内容の決定方）

・ 各種検査データ、軸箱加速度データ、現場調査結果から材料劣化、桁構造も含めて発生原因を予測する。

【ステップ 3】（対処の効果確認方法）

- ・ 施工前後の動揺波形、PSD から改善度を評価する。