

軌道狂いから列車動揺を予測する手法について

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○中村 亮  
 東海旅客鉄道(株) 前田 一哉  
 東海旅客鉄道(株) 平尾 博樹

1. はじめに

近年、P値は高いレベルで推移しており、軌道状態は良好であるといえる。しかし、列車動揺測定を行うと、著大な値を示す箇所があることも事実である。そこで、軌道整備の施工に必要不可欠となる動揺加速度を推定する手法を提案する。

2. 乗り心地管理の必要性

現在の軌道管理は P 値を基に行われている。しかし P 値は、軌道状態が一定の水準に達した場合、評価の妥当性は低くなる。近年の軌道状態は軌道強化及び計画的な軌道整備により、軌道状態は非常に高いレベルで維持されている。これを考慮すると、P 値管理によって、現状の軌道レベルを向上させることは現実的に困難であると考えられる。

さらに高いレベルの軌道を目指すためには、P 値管理とは別に、乗り心地を考慮した軌道管理を行うことが重要である。

3. 乗り心地管理の現状と問題点

動揺加速度を計測する方法は、軌道電気総合試験車(以下「ドクター東海」という)に搭載された加速度計による方法と可搬式動揺加速度計による方法がある。しかしながら、ドクター東海は、例えば中央線の383系「しなの」と全く異なる車両構造をしている上、検出時の速度が「しなの」にくらべて、著しく低い。したがって、ドクター東海によって測定された動揺加速度は「しなの」の乗り心地を反映していないといえる。

本研究で提案する乗り心地の予測手法は、軌道狂いデータをもとに、列車動揺加速度を予測するものである。ドクター東海による検出データを得さえすれば、乗り心地評価および軌道整備に必要な動揺加速度を提供することができる。

4. 乗り心地予測方法

4.1 鉛直方向動揺

車両の上下系振動において車輪とレールは常に接しているため、レールの高低狂いは車輪に対して強制的な変位を与える。この関係を利用し、復元高低狂いを車両周波数応答に基づくフィルタで処理することで鉛直方向の動揺加速度を予測する(図-1)。従来この方法は運転速度の変化が大きい在来線においては全く検討されてこなかった。

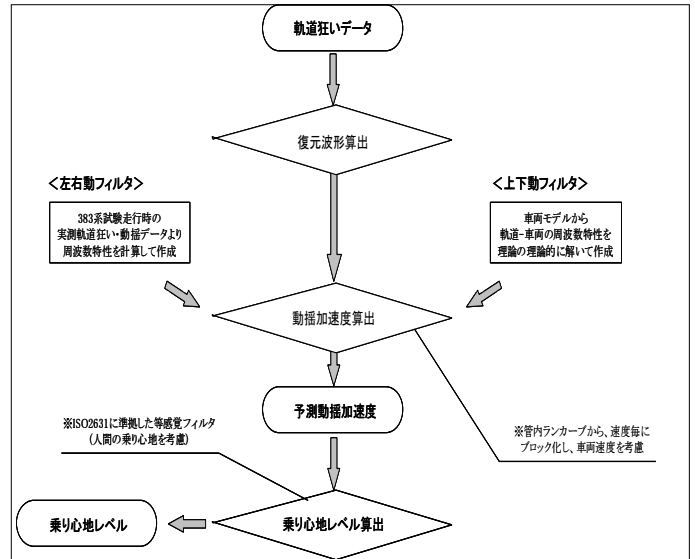


図-1 加速度予測のフロー

列車動揺は速度に強く依存している。在来線に適用するにあたって、一律の最高速度を想定して計算したのでは、低速区間では過大な評価をすることになる。そこで、「しなの」のランカープに従って、当支区管内を 5km/h で速度毎に分割し、それぞれの区間で速度を考慮して予測した(図-2)。

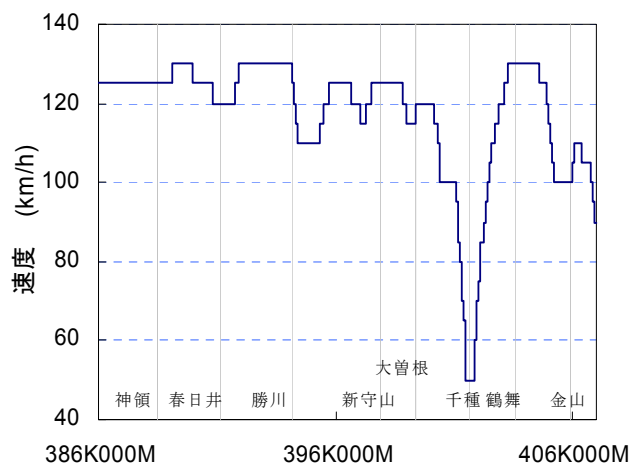
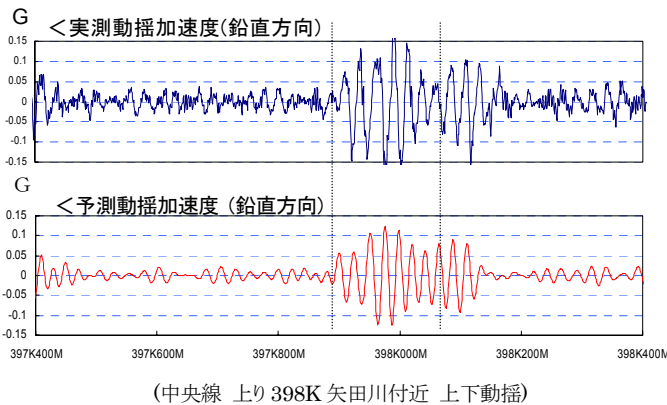


図-2 「しなの」ランカープに基づく速度区域分割 (中央線上り 386K000M~406K900M)

キーワード：乗り心地予測、動揺加速度、シミュレーション

連絡先：〒464-0850 名古屋市千種区今池2丁目1-37 JR東海 TEL 052-731-8330 FAX 052-733-3697

図-3 は、上下方向の実測加速度と推定加速度の比較例である。



(中央線 上り 398K 矢田川付近 上下動揺)  
図-3 推定動揺加速度と実測加速度の比較

4.2. 精度の検証

本研究で提案する予測方法の再現性を検証する。検証区間は中央線上り 386K000M から 407K000M とした。予測に用いたデータは、2004 年 1 月 19 日のドクター東海で検出されたものである。また、2004 年 1 月 29 日に「しなの」の前頭で可搬式動揺加速度計によって計測されたデータを検証のために用いた。

図-4 は、分割した区間の最大値について、本研究による予測値を横軸に、同一区間の実測値を縦軸にプロットしたものである。最大値の相関係数は 0.822 と非常に高い再現性を示している。

続いて、列車速度による影響を検証する。図-5 は、列車の設定速度を一律 130km/h にし、従来型の予測方法により動揺加速度を推定したものである。図-4 と同様に、予想値と同一区間における実測値をプロットしてある。鉛直方向における最大値の相関係数は 0.775 であった。図-4 の結果と比べると、区間ごとに速度を考慮した本研究の予測手法の方が、高い再現性を示しているといえる。

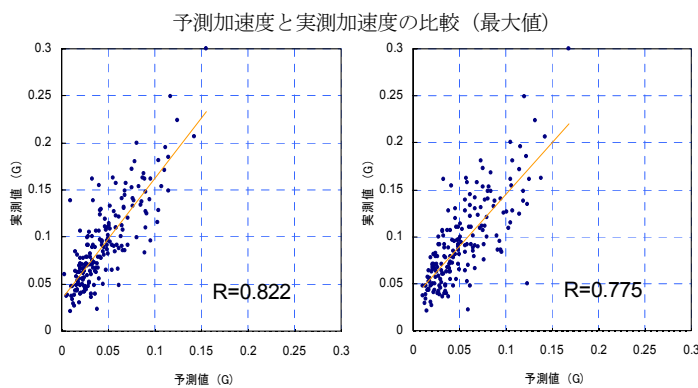


図-4 設定速度区間別

図-5 設定速度 130km/h 一定

4.3 効果

本研究の方法は、ドクター東海で検出された軌道狂い量を元に列車動揺加速度を推定している。よって、ドクター東海が検出走行する頻度で、実際の列車で動揺測定をするのと同様の効果が得られる。

また、乗り心地を重視した軌道整備といっても、整備方法は軌道自体に手をいれるよりほかない。そこで、整備後の軌道における列車動揺をシミュレートする目的で、本研究の予測方法を用いることもできる。補修によって改善の見込まれる軌道狂いデータを準備すれば、事前に、実際の列車動揺を比較しながら、補修方法を選択することができる。これにより、ピンポイントで軌道を補修することが可能になる。

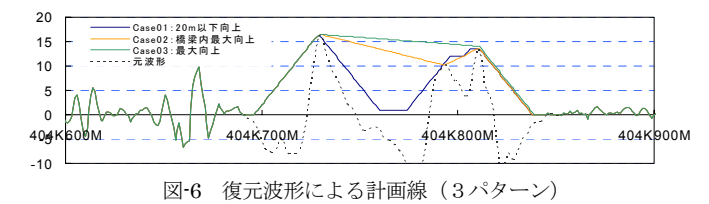


図-6 復元波形による計画線（3パターン）

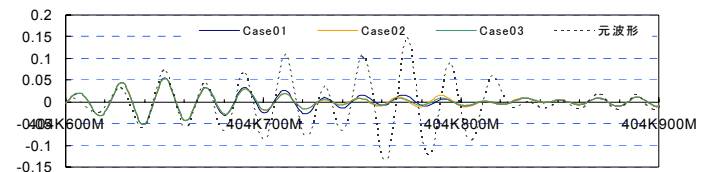


図-7 予測動揺加速度シミュレーション

図-6 は、橋梁上における不陸整正の計画線である、コストを考慮した3パターンの計画線を用いて動揺加速度の変化を予測した。廉価コストパターンでも動揺値は十分改善されることが予想される(図-7)。

このような使い方により、効果的かつ効率的な整備につながり、コストダウンが期待できる。

さらに、車両の緒元が分かれば、予測処理の中で用いる車両特性のフィルタを得られるので、任意の車両における動揺を推定することも可能である。

5. おわりに

お客様の乗り心地を考慮した軌道管理を行うためには、現場の社員全員が適切な軌道補修方法を判断する必要がある。

今後、この動揺予測方法を用いて、実際に軌道整備を行い、その効果を確認する。同時に、乗り心地を重視した最適な軌道管理手法を継続して研究し、お客様へのサービスの向上に貢献していきたい。