

## 構造物振動及び地盤振動を活用した新幹線走行速度の計測手法

東日本旅客鉄道株式会社

正会員 森 圭太郎

### 1. はじめに

新幹線走行時の沿線への騒音や振動の大きさは走行速度に強い依存性があるため、新幹線の騒音振動を測定して評価する際には、走行速度を合わせて計測することが重要である。しかし速度を正確に計測するには、新幹線軌道に近接した位置に速度計測器を設置する必要があるため、機器設置等に関する安全確保や準備に多くの時間を要してしまう。

本報告では、新幹線走行時のRC高架橋及び地盤面において振動測定を行い、測定結果をもとに、より簡易かつ正確に新幹線の走行速度を推定する方法について考察した。

### 2. 測定の概要

RC桁構造とラーメン構造が連続した高架橋区間において、新幹線走行時の高架橋柱の振動（X、Y、Z方向）、および高架橋下の地盤振動を各3箇所計測した。また、正確な走行速度を計測するための車軸検知装置を上り線と下り線のレールに1箇所ずつ設置して走行速度を測定した。車軸検知装置は、車輪が検知装置上を通過した際に電気

信号を発生させる装置で、最前部と最後部の車輪通過時に計測した電気信号の時間差と車輪間隔長とから走行速度を算出するため

に設置した。図1に車軸検知装置の写真を示す。

測定は、10両編成の試験車両を対象としたが、一部営業車両も計測した。図2に振動測定計測点の高架橋概略図、表1に測定概要を示す。

### 3. 測定結果

図3に車軸検知装置で測定した結果の一例を示す。図3より約3.5秒間に約5Vの電圧上昇が20回確認できる。しかし1回の電圧上昇は時間を拡大すると2回上昇しており、合計40回の電圧上昇が確認できた。この40回の電圧上昇は車両がレールを通過する際の車輪数（4輪/両×10両）と一致しており、車輪が通過した時間が正確に記録されている。最初の車輪通過時間と最後の車輪通過時間との時間差及び車輪間隔長（10両編成の場合245m）から走行速度が算出できる。

次に図3の時刻歴データをFFTで分析した結果を図4に示す。図4より、ほぼ等間隔で卓越した電圧のピークが確認できる。これは、規則的に配列された車輪が繰り返し通過したために生じた現象で、このことは車輪が繰り返し通過する効果として一般に知られた現象（例えば文献1）である。また、これらピークの周波数は、列車速度V（km/h）、車両長（25m）、車軸間隔（17.5m）、車輪間隔（2.5m）から近似できる周波数の倍数と評価でき（文献2）、特に第5番目のピークは、相殺されて現れない特徴を有している。今回は、図4中で30Hz付近に現れた最大の第10番目のピークに着目して速度の算出を試みた。

図5は、柱のZ方向の振動加速度を測定した一例であり、縦軸は振動ピックアップが計測した電圧値を示している。また、図6は、図5の波形をFFT分析した結果であるが、車軸の解析結果と同様に、ほぼ等間隔で卓



図1 車軸検知装置

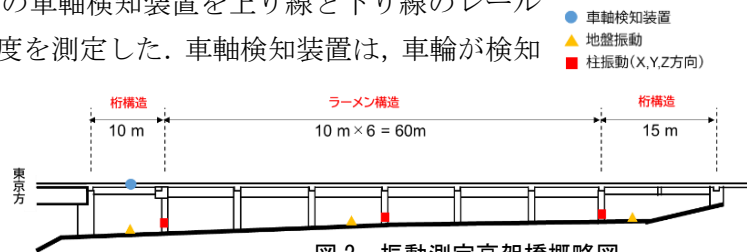


図2 振動測定高架橋概略図

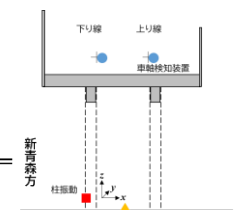


表1 測定概要

|             |   |
|-------------|---|
| 測定対象        | 試験車両（10両編成）<br>営業車両（10両編成）                                |
| 測定本数        | 試験車両：下り線8本、上り線8本<br>営業車両：下り線3本、上り線3本                      |
| 測定項目<br>測定数 | 車両速度：車軸検知器 2箇所<br>柱振動（X,Y,Z）：加速度振動計 3箇所<br>地盤振動：公害振動計 3箇所 |

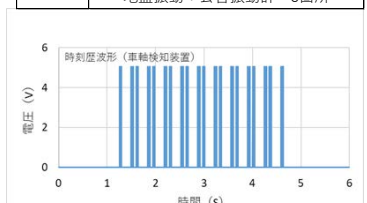


図3 車軸測定結果

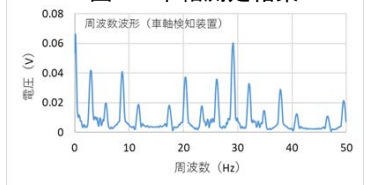


図4 車軸FFT分析

キーワード 新幹線速度, 柱振動, 地盤振動, 車軸検知装置

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-479 JR 東日本研究開発センターフロンティアサービス研究所 TEL 048-651-2552

越した電圧のピークが確認できる。このピークの大きさは車軸の結果よりもばらつきが大きい。これは、新幹線の荷重が高架橋に伝達する際、車輪からの荷重が均等ではないこと、高架橋の各部材が有する固有周波数が振動に影響を与えていることが原因だと考えられる。

図7は地盤振動の振動加速度を測定した一例であり、縦軸は公害振動計が計測した電圧値を示している。図8は図7をFFT分析した結果である。柱振動と同様に、ほぼ等間隔で卓越した電圧のピークを示している。

ここで図6及び図8から10番目のピークにおける周波数を抽出し、以下の式で走行速度を推定した。

$$V = f \times 3.6 \times 2.5 \quad (1)$$

V:推定走行速度 (km/h), f:10番目電圧ピーク周波数 (Hz)

車軸検知装置で算出した速度を横軸に、柱振動及び地盤振動からfを自動抽出して(1)式から算出した推定速度を縦軸として比較した結果を図9に示す。図9より、高速域(速度200km/h以上)での推定速度は、データ数180のうち166データが、99%以上の近似で車軸速度と一致していたが、柱振動のX、Y方向および地盤振動においては、合計14データが車軸速度とは異なる値で推定された。この原因は、1)車軸速度に適した10番目の明確な電圧ピークが存在しない場合、2)10番目のピークは存在するが当該ピークを正確に抽出できていない場合、以上の2つが考えられる。高速域での相違原因の多くは2)であったため、自動抽出の方法を改良することで、より正当率の向上は可能ではないかと考えている。

一方、低速域では、データ数84のうち63データが、車軸速度とは大きく乖離した。この原因は、計測した場所が新幹線停車駅に近く、乖離した低速走行の車両は、全て駅に向かい減速もしくは駅を発車して加速した走行状態であったためである。図10は加速走行時に測定した低速時の柱振動(Z方向)のFFT分析結果の一例であるが、明確な等間隔の電圧ピークが現れていないことが確認でき、1)の理由で10番目の電圧ピークを抽出できなかった。車両が等速ではなく、加減速して走行している場合は、走行速度を正確に推定することはできないことが判明した。

以上の結果から、実用的には、柱振動(X、Y、Z)及び地盤振動のうち3つ以上を同時に計測した結果から、それぞれ速度を推定し比較して、互いに一致した値を抽出することで、等速走行する新幹線の走行速度は、簡易に精度よく推定できると考えた。

#### 4. まとめ

新幹線走行時のRC高架橋において柱振動、及び地盤振動の測定を行い、測定結果をもとに、より簡易かつ正確に新幹線の走行速度を推定する方法について考察した。その結果、以下を確認した。

- (1) 柱振動及び地盤振動を同時に測定しFFT分析することで、等速走行時の速度の推定は可能であった。
- (2) 車両が加減速走行している場合は、走行速度を推定することはできなかった。

#### 参考文献

- 1) 吉岡修:新幹線鉄道振動の発生・伝播モデルとその防振対策法への応用,鉄道総研報告,特別No.30,pp105-108,1999
- 2) 横山秀史,芦屋公稔,岩田直泰:新幹線高速走行時の地盤振動特性と速度依存性評価,鉄道総研報告,Vol.20,No.1,25p,2006

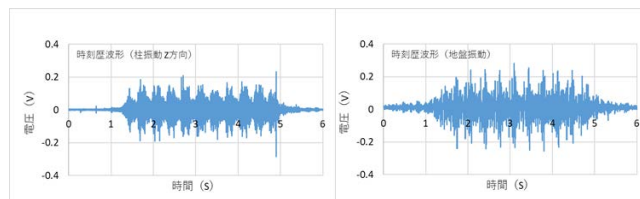


図5 柱振動(Z)測定結果

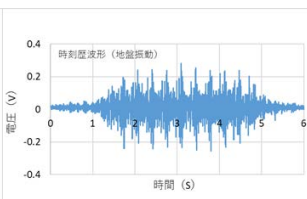


図7 地盤振動測定結果

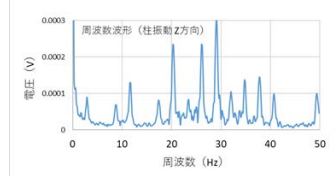


図6 柱振動(Z)FFT分析

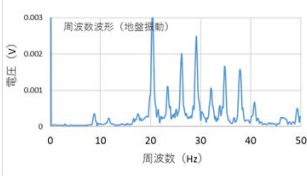


図8 地盤振動FFT分析

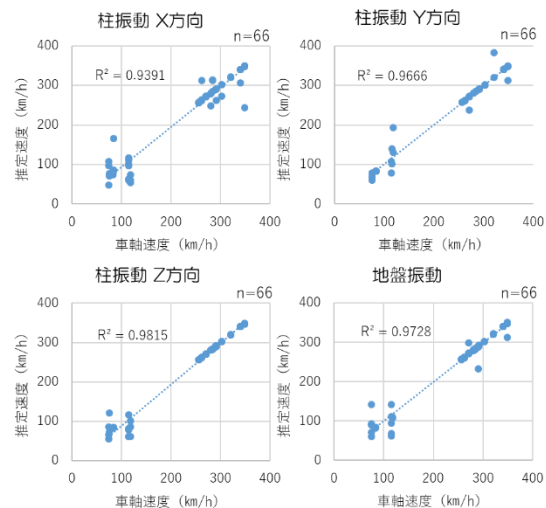


図9 車軸速度と推定速度の比較

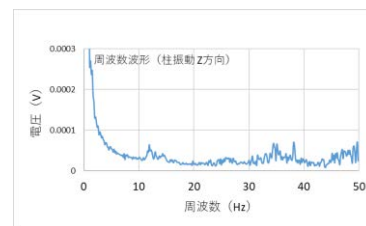


図10 加速時の柱(Z)振動FFT分析