

(Ⅳ - 1) 列車の輪重変動と振動レベルの関係について

東海旅客鉄道(株) 正員 関 雅樹
 東海旅客鉄道(株) 黄瀬 弘
 東海旅客鉄道(株) 正員 ○大上 卓司

1. はじめに

新幹線の鉄道振動低減対策としては、開業以来種々の研究・及びの施策が実施されている。⁽¹⁾ その中でも、車両重量の軽減は大きいことは明らかである。また、新幹線車両のように、ある速度で走行している新幹線の荷重列の周波数特性は、列車速度と車軸の軸距間隔で決まる。しかし、振動レベルは軌道狂い、レール表面の凹凸、レール継目部等の特殊状態により、異常値を示すことがある。そこで、特殊状態での振動発生について解明するための基礎資料を得る目的により列車の軸重変動に注目した。ここでは、列車の軸重変動が、地盤振動に及ぼす影響について調査した結果を述べる。

2. 新幹線鉄道振動の大きさ

(1) 概要

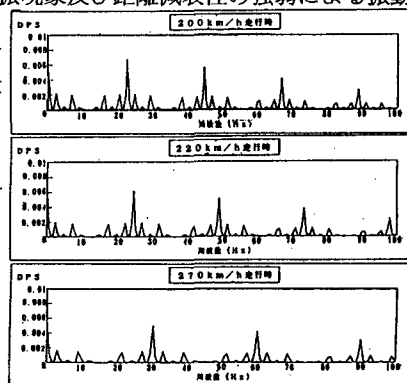
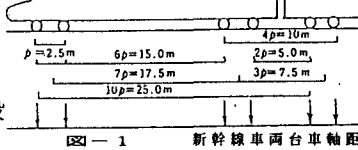
新幹線の振動は在来線の振動と比較して、例えば車両の車軸配置や特定区間の速度は同じであるため、振動問題を明らかにすることは容易であるはずである。しかしながら、実際の振動測定結果による値は、バラツキをもつため、振動問題を解明するには至っていない。新幹線列車走行に伴う振動の発生、伝播に関する構成要素としては、荷重列、車両、軌道、構造物、基礎地盤及び建物がある。実際に測定される振動は、これらの要素が複雑に関係して生じたものである。振動の大きさという観点で振動現象を次の3点に大別する。

- ① 新幹線列車荷重による定常的な振動。
- ② 振動の発生、伝播に関係する構成要素の特殊状態による異常な振動。
- ③ 新幹線列車荷重と振動、伝播に関係する構成要素との間の共振現象及び距離減衰性の強弱による振動。

(2) 新幹線列車荷重列による定常的な振動

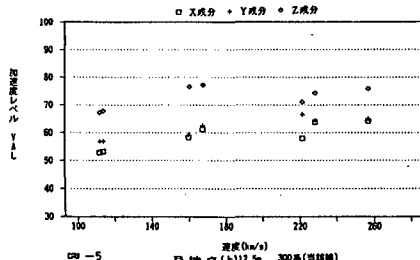
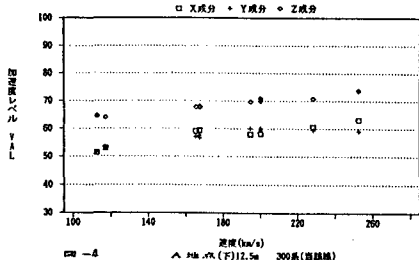
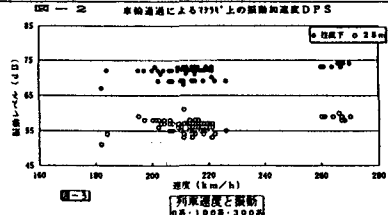
新幹線の場合、図-1に示

すように車輪の軸距は2.5m、また全車長、台車中心間隔、前車と後車の台車中心間隔は2.5mの整数倍になるように設計されている。この場合の計算の前提は、ほとんどのピークが列車の速度によってシフトするため、マクラギ上に車輪が載っているときだけマクラギを通じて矩形上のパルスが発生すると考える。この時、マクラギの幅は0.3mとして解析されている。図-2に200km/h、220km/h、270km/hの新幹線走行時の理論値を示す。



(3) 速度依存性について

測定結果の例として、東海道新幹線の列車速度と沿線の高架橋柱下及び線路中心から25m離れの位置での振動レベル(VL)との関係を図-3に示す。この図からは列車速度と振動レベルの関係に依存性は見られない。一方、高架区間A、Bの定点で列車速度を120km/h～270km/hに変えて速度と振動加速度的関係を示したものが図-4、図-5である。これらによれば、図-4では速度依存性が見られるものの、図-5では明らかではない。両者の違いに関しては、図-2に示される列車荷重列に伴う周波数と高架橋の構造物の固有振動数との関係、並びに共振現象、距離減衰性との関連によるものである。土路盤に関しても同様な結果が得られている。⁽²⁾



3. 列車の軸重変動と振動レベル調査

新幹線列車はその形式により車両重量（輪重）が定まる。しかしながら、レールに及ぼす荷重は一定ではない。場所毎の構造条件、レールの表面の凹凸状況、軌道狂いによっても変わる。今回、同一地点における定点測定により、列車荷重変動が鉄道振動に及ぼす影響を調査した。今回の研究内容としては、下記の点が挙げられる。

① 同一速度の列車による輪重と振動レベルの分散状況の把握。図-6（0系）、図-7（300系）

② 輪重変動が振動レベルに及ぼす影響の把握。

③ 同程度の輪重の列車速度と振動レベルの関係の把握。図-8（0系）、図-9（300系）

軌道狂いによる影響のない、軌道管理状態が極めて良好に保守管理されている米原～京都間の350km/h以上の高速運転試験高架橋区間の中で測点を選定した。測点是新幹線の高架橋の1断面においてスラブ面、柱直下、線路中心から12.5m、25m及び50m離れの5点を測定した。測定列車は8月8日の8時～20時上り列車全101本である。

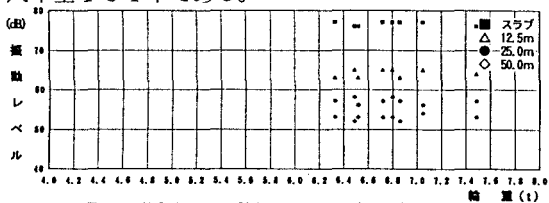


図-6 輪重と振動レベル (速度206～215km/h・0系)

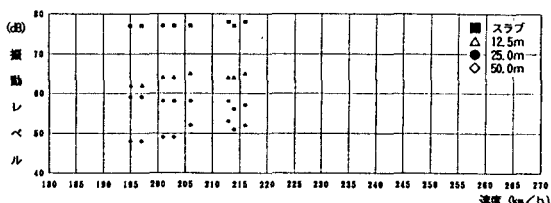


図-8 列車速度と振動レベル (輪重6.45～6.54t・0系)

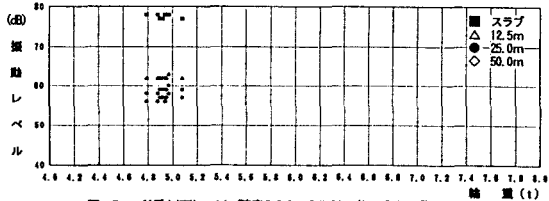


図-7 輪重と振動レベル (速度260～270km/h・300系)

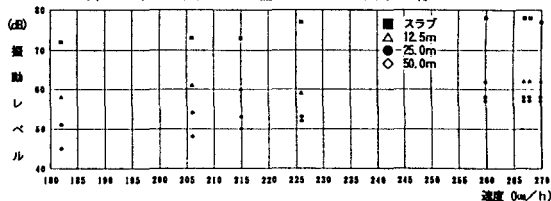


図-9 列車速度と振動レベル (輪重4.85～4.94t・300系)

4. 考察

- (1) 同一速度の場合、0系、300系共に輪重振動による振動レベルに明確な差は確認されない。
- (2) 輪重変動は0系で最大118%（最大軸重/最小軸重）、300系で最大111%であったが、振動レベルでは最大1dB（0系）、2dB（300系）差であった。
- (3) 同一輪重の場合、0系では、50m離れの測点での振動レベルで速度依存性が見られるものの、スラブ、柱直下、12.5m、25m共に195km/hから220km/hの領域での速度依存性は見られない。
- (4) 同一輪重の場合、300系では195km/h～270km/hの領域での速度依存性は明確に示されており、回帰分析の結果、線路中心から25m地点では $Y(\text{dB}) = 0.086V + 35.6$ の式が得られる。
- (5) 95%以下の乗車効率では輪重との関係で、0系の場合、相関性は見られない。一方、300系は乗車効率と共に輪重が大きくなる傾向はあるが、その輪重変動値は最大で0.2t(4.1%)であった。さらに、260km/h～270km/hの高速域では線路中心から12.5m以上離れた値は25m、50m地点でも減衰は見られない。
- (6) 列車速度が220km/hを越えると、線路中心からの離れが25m、50mと離れても振動の減衰は見られない。さらに、260km/h～270km/hの高速域では線路中心から12.5m以上離れた値は50m地点でも減衰は見られない。

5. まとめ

今回、同一形式の車両について、軌道管理状態の良好なロングレール中間部における輪重変動と振動レベルについて調査した。その結果、輪重変動の最大値は118%であった。また、各測点でも最大2dBの振動レベルの変化が生じたのみである。しかも、平常の乗車効率では輪重変動に大きな差異は見られないことが明らかになった。したがって、振動レベル測定において通常の保守状態では、同一車両形式の場合は輪重変動を考慮しなくても良い。特に、軌道管理状態が良好な場合は、輪重変動も少ないことも明らかになった。結論として、車両特性による輪重変動程度では、振動レベルに差異が生じないことが分かった。今後、軌道狂い、レール表面の凹凸、不連続な不整箇所通過時の衝撃力による輪重変動⁽³⁾と振動レベルの関係について研究したい。

(1) 吉岡、芦谷：「新幹線鉄道振動の発生・伝播モデル」 物理探査Vol.48 pp299-315,1995

(2) 関、青柳：「軟弱路盤対策に関する一考察について」第49回土木学会年次学術講演会 概要集

(3) 吉岡、芦谷：「地盤振動から見た車両・軌道系動力学的基礎的問題」 財団法人 鉄道総研 研究開発テーマ,1989.3