

1505 上下方向の乗り心地に関する研究

難波廣一郎 野崎圭祐* 鈴木貴之 (JR 東海) 加藤修 (日本車両)

Study for riding comfort of vertical vibration

Kouichirou Nanba, Central Japan Railway Company. 1545-33, Ohyama, Komaki-shi, Aichi, Japan

Keisuke Nozaki*, Central Japan Railway Company. 1545-33, Ohyama, Komaki-shi, Aichi, Japan

Takayuki Suzuki, Central Japan Railway Company. 1545-33, Ohyama, Komaki-shi, Aichi, Japan

Osamu Kato, Nippon Sharyo. 2-20, Honohara, Toyokawa, Aichi, Japan

We conducted a research about drawing up riding comfort evaluation which is intended to be reflected to the development about improvement of comfort for railway. We analyzed the data which is taken from test riding and selected vibrational region which influences vertical vibration. This paper reports the results of experiments carried out using vehicle dynamic simulator which passengers evaluated the acceptable value of vibration in three directions. We proposed the design guide which is index for riding comfort evaluation of vertical vibration.

キーワード：上下振動，乗り心地，車両運動総合シミュレータ

(Vertical Vibration, Riding Comfort, Vehicle Dynamic Simulator)

1. 本研究の目的

新幹線の乗り心地改善に対する取組みは主に左右方向に主眼が置かれ、軌道面の管理強化などの地上側の取組み、制振システム等の導入により乗り心地向上を実現する事が出来た。その結果、左右方向の乗り心地が改善される一方で相対的に上下方向の乗り心地に関する問題が顕在化し始めてきた。本研究では、上下振動をより正確に評価するための設計指針の参考となる評価指標を作成し、上下乗り心地向上に関する開発へ反映する事を目的として取組む。

2. 本研究の取組み

本研究では、上下乗り心地に影響を及ぼす振動の許容値を把握し、乗り心地の設計指針として参考となる評価指標を作成することを目標とする。ある区間の振動強さを定義する方法にはピーク値、平均値、実効値などが挙げられるが、国際的にも代表的な指標は実効値である¹⁾。国内の実効値評価法として乗り心地レベル (L_T) が代表的であるが、 L_T では周波数の情報が少なく、各周波数の影響を適切に評価することが難しい事、また乗り心地係数は短区間の試験に適しており²⁾、瞬間的な評価となる傾向がある事などが挙げられる。そこで設計、開発時に頻繁に使用される PSD (パワースペクトル密度) を用いる事とした。また、乗り心地などを総合評価する為には、実際に旅客に快適性の評価をさせる試験を行うことが一般的であり³⁾、本研究では、当社の小牧研究施設にある車両運動総合シミュレータを用いた被験者試験を実施した。

2.1 刺激振動

被験者試験で用いる加振波形について、基準とする波形について検討した。周波数と体感の関係を調査する場合、単一波であればその関係性を明確にすることができ

る。そこで単一周波数波形について検証したが、新幹線に乗り込んでいる感覚が弱いという意見があった為、3方向の加速度を再現できる車両運動総合シミュレータの機能を活用し、実走行データについて検討した。

基本波形として、特徴的な振動特性が少なく、かつ比較的振動強さの弱い実走行データを選定した (Fig.1 の実線)。そして、着目する振動特性のみ重み付けし (一例: Fig.1 の点線)、その時の振動強さの許容値を被験者試験にて確認する事とした。これより上下、左右、前後の振動が含まれ新幹線に乗り込んでいる感覚を保ち、かつ着目する周波数帯のみ重み付けして評価をすることで周波数と体感の関係についても把握することができると考えた。

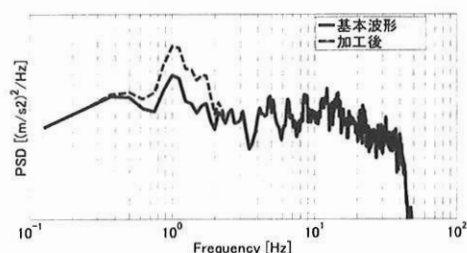


Fig.1 加振波形 (実走行データ) の一例

2.2 着目する振動領域の選定

被験者試験で使用する 2.1 項で述べた刺激振動に関して、着目する周波数領域の選定が重要となる。今回は上下乗り心地に影響のある以下の4つの領域を選定した。

1. 車体の剛体振動
2. 車体の弾性振動
3. 車輪の回転周波数に起因する振動
4. 高周波振動

3. 被験者試験

新幹線の上下乗心地に関する許容値の確認を行う為に、鉄道関係者 52 名（女性 1 名）にて Fig.2 の車両運動総合シミュレータを用いて被験者試験を行った。

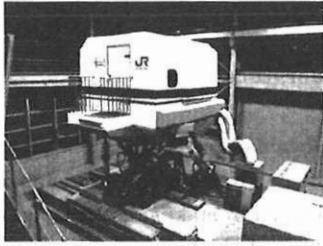


Fig.2 車両運動総合シミュレータ

3.1 試験条件

(1) 刺激振動

上下、前後、左右振動を含む走行データを用いて以下のように実施した。

- ・ 試番は合計 6 つ（1 試番 380[s]）
- ・ 上下振動に関しては Fig.3 の様に 30[s]毎に対象周波数領域のみ振動強さを増加させ、1 番目から徐々に増加し、6 番目でピークとなり、7～11 番目は徐々に減少させる。また間に 0 データを 5[s]保持させる（左右、前後振動は試番毎すべて同じ振動データを使用する）

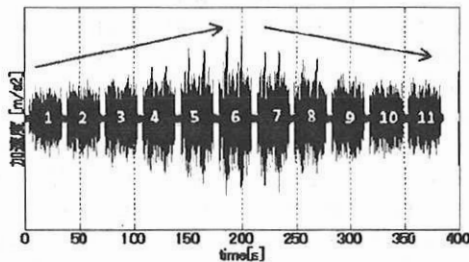


Fig.3 刺激振動の一例

(2) 評価方法

被験者は新幹線用腰掛に着座し（着座姿勢も統一）、提示される振動に対して、「新幹線の旅客サービスとして許せない振動」を評価した。また、乗車時間は乗客によって様々である為、特に暴露時間は言及しない事とした。

3.2 試験結果

取得した結果より選定した 4 つの周波数領域に関して、評価指標を作成した。上下振動の許容値として、許容限度レベル小、中、大の 3 段階の指標を提案した。一例として Fig.4 に剛体振動の評価指標について示す。

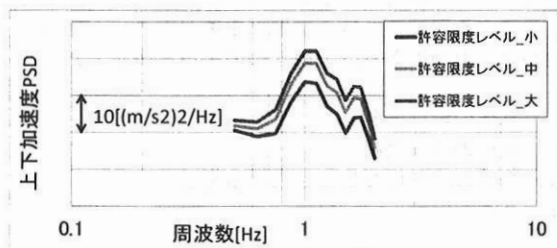


Fig.4 剛体振動の評価指標

3.3 検証 (L_T との比較)

作成した許容限度レベル小、中、大に関して、新幹線の実走行データを用いて評価を行った。ここで比較対象の乗り心地評価として L_T を用いた。具体的には L_T が「非常に良い」～「良い」場合の実走行データを用いて、 L_T と許容限度レベル小中大との関係を調査した。

結果より、 L_T との相関が高い振動領域と低い振動領域があり、 L_T が同じ値の場合でも周波数領域によっては許容限度レベルが異なることを確認する事ができた。

一例として Fig.5 に、ある区間の実走行データを用いた結果を示す。対象周波数領域は 2.2 項における、剛体振動と高周波振動領域として、実走行データの許容限度レベルの評価を行った。ここで、使用する実走行データの L_T 評価は「非常に良い」である。Fig.5 の通り、剛体振動領域では「許容限度レベル小」以下であるが、高周波振動領域では「レベル大」付近となっていることがわかる。つまり、 L_T のみでは評価が難しかった部分をこの指標を用いる事で、周波数領域と振動の許容限度を参考とした評価が可能であると考えられる。

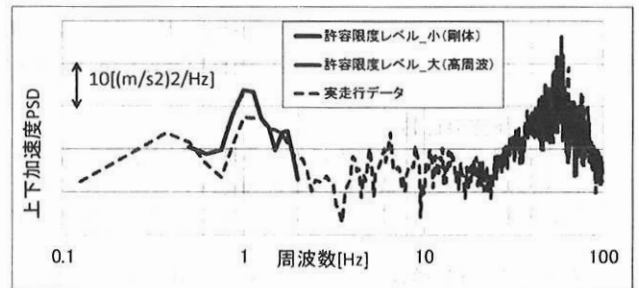


Fig.5 走行データとの比較

4. まとめ

新幹線に対して、許容できる上下振動の設計指針として参考となる評価指標を作成した。車両運動総合シミュレータを用いた被験者試験より、着目する 4 つの上下振動領域に関する許容限度値を把握し、3 段階の評価指標を提案した。

本研究で提案した上下乗心地の評価指標を、 L_T 、乗心地係数と並行した乗り心地評価の 1 つとして、乗り心地向上に向けた開発に役立てていきたい。

参考文献

- 1) 鈴木浩明, 手塚和彦, 高井秀之「鉄道車両の乗り心地評価法と国際標準化」鉄道総研報告 vol. 16, No. 1, pp5-10, 2002-1
- 2) 在来鉄道運転速度向上試験マニュアル・解説, p183, 1993-5
- 3) 鈴木浩明, 手塚和彦, 吉岡 博, 高井秀之「鉄道振動の快適性評価に関わる国際規格原案」鉄道総研報告 Vol. 12, No. 11, pp37-42, 1998-11