

I - A 285

高速鉄道橋走行時におけるたわみ限度に関する研究

— ISO-2631による乗心地評価の検討 —

金沢工業大学大学院 学生会員 ○元井 一字
金沢工業大学大学院 学生会員 樽本 晋吾
金沢工業大学 正会員 松浦 章夫

1. はじめに

鉄道橋の設計においては、走行車両の安全性と乗客の乗心地を確保するために、活荷重によるたわみに限度値を設けている。このたわみ限度値は、列車の高速化や構造物の軽量化などに対して、大きな制約条件となっている。そこで、本研究では、現在、限度値の算出根拠の一つである「乗心地係数」とは異なる「乗心地レベル」を用いて、桁のたわみに対する走行車両の運動シミュレーションを新たに軌道の不整の効果も加えて実施し、現行のたわみ限度値の再評価を試みることにした。

2. 乗心地係数と乗心地レベル

乗心地係数とは、走行車両床面の上下、左右振動加速度の振幅をその振動数に対応して変化する等感覚曲線で区分された適当な係数で表されたもので、Janewayの乗心地係数とも言われるものである。通常、「良好」とされるのは乗心地係数1以下(たとえば振動数1Hzの場合では振動加速度片振幅0.2g以下)であり、現行の桁のたわみ限度値もこの係数1を基準に許容値を求めている。

一方、乗心地レベルは、国際標準化機構で提案された「全身振動暴露に関する評価指針」(ISO-2631)をもとに、鉄道車両の乗心地評価に適用可能な形に部分修正されたものである。これは、走行車両床面の上下、左右の振動加速度波を等感覚レベルに応じた周波数フィルターに作用させ、その実効値をもとに評価するものである。特徴としては、ランダム振動加速度波形の評価に適している。通常、「良好」とされるのは乗心地レベル88dB以下とされているが、ここでは評価時間を仮に通常よりも短い5秒間とし、乗心地レベルの相対的な評価を行うものとするので、乗心地レベル自体はやや大きめに算出される。

3. 桁のたわみに対する走行車両の運動シミュレーションの概要

本研究では、検討の対象を上下動のみとする。ここで用いる車両は、1車体、2台車、4車輪軸及びこれらを結合するダッシュポット付きばねで構成され、上下及びピッチング動を考慮した1車両10自由度モデルである(図-1)。桁は単純支持桁として、それが単独で存在する場合と、連続して存在する場合を考慮することとする。活荷重によるたわみは、半正弦波形で近似する(図-2)が、支点部の角折れの形状はレールの曲げ剛性を考慮した短い緩和曲線が挿入される。軌道の不整(軌道狂い)波形は、過去に得られた軌道狂いスペクトル密度から、サンプル波形をランダム抽出して用いることとする。

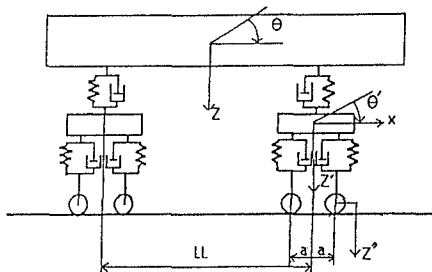


図-1 1車両10自由度モデル

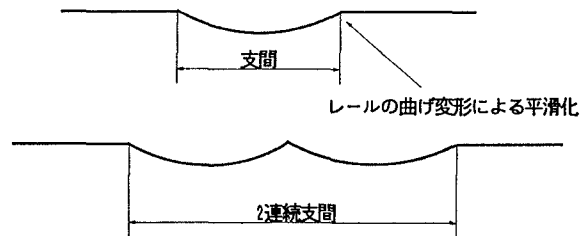


図-2 単独、2連の活荷重によるたわみ形状

キーワード 鉄道橋 たわみ限度 乗心地

連絡先 〒920-11 石川県金沢市若松町2-158 0762-62-2979

このような解析モデルにより任意の軌道狂いスペクトルを有する軌道、任意支間の単純支持桁が任意連数設置された場合に、種々の諸元を持つ車両が任意の速度で走行する場合の数値解析シミュレーションプログラムを作成した。

4. 解析結果

このシミュレーションプログラムを用いて、現行のたわみ限度値と同値のたわみを桁に与えた場合の乗心地レベルを求めた。新幹線車両(100系)が、支間10~100m(10mまたは20m間隔毎)の単純支持桁を速度260km/hで走行するときの乗心地レベルを、桁が単独で存在する場合(1連)を図-3に、2連連続して存在する場合(2連)を図-4に示す。両図とも軌道狂いスペクトルを通常よりもやや良好の特性としている $Ps_d=1 \times 10^{-9}/fr^3(m^3)$ から、10ケースを抽出して得た結果を範囲で示し、また軌道狂いのない場合の結果を前部を白丸、後部を黒丸印で示し、後部の乗心地レベルを表したものをやや右にずらして括弧内に示した。ここに、 fr は空間振動数である。

5. 考察

まず、1連の場合では、全体として支間40~50mを境にし、乗心地レベルは長支間80, 100mのものよりは短支間10~30mのものが小さい。また、その軌道狂いに対するばらつきは大きく、軌道狂いのばらつきの幅は5~10dBである。軌道狂いのない場合の乗心地レベルは支間30m以下の短支間ではかなり小さい。車両の後台車上の乗心地レベルは前台車上のものに比べ全体的に大きく、特に支間40~60mではその差は5dBにも達する。2連の場合では、乗心地レベルが支間50, 60mの中支間の領域以外で2dB程度大きい。このことを除いて1連の場合とほぼ同じ値と傾向を有する。このように、乗心地レベルによる評価を適用すると、現行のたわみ限度は、短支間領域では長支間領域に比較して緩和することが可能であると考えられる。

6. 今後の課題

本研究では、乗心地レベルにより現行のたわみ限度値の再評価を試みたわけであるが、最終的には適正なたわみ限度の提案を行う場合は、乗心地の評価法を含め、さらに走行安全に対する検討、スパン数、速度や車種の相違、種々の軌道狂いスペクトル密度に対する計算などを経てなされるべきであろう。

本研究にあたり、金沢工業大学 土木工学科 平成8年度卒業研究生の籠浦、近藤、寺田、方橋君には、適時にご協力いただき心から感謝します。

参考文献 運輸省監修 鉄道総合技術研究所編 鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物 平成4年10月

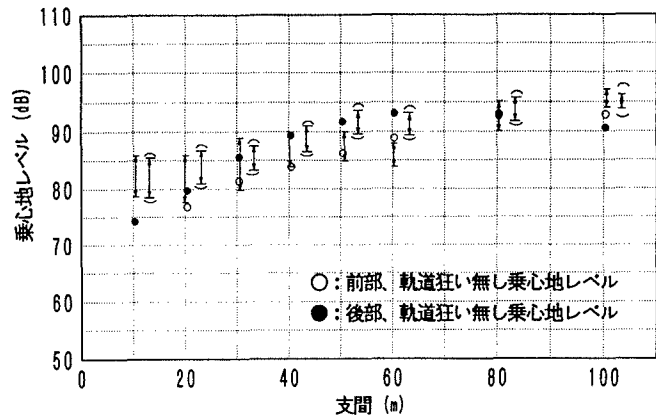


図-3 100系単独の単純支持桁走行時の乗心地レベル

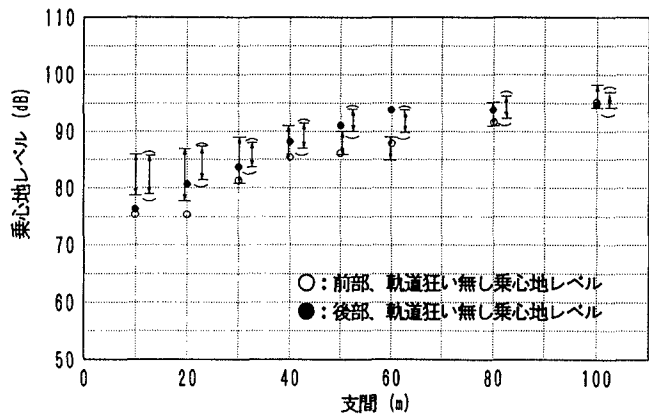


図-4 100系2連の単純支持桁走行時の乗心地レベル