

車両振動データから動的接地荷重の推定に用いる車両モデルに関する一検討

東京大学大学院 学生員 南條 孝文 静岡県 正会員 山本 和宏
 神戸大学工学部 正会員 北村 泰寿 神戸大学大学院 学生員 大国 晃之

1. はじめに

道路交通振動のシミュレーションにおいて、大型自動車を簡単な後部2自由度系にモデル化し、路面凹凸にはISO等で提案されている路面凹凸スペクトルを利用することが多い。道路交通振動のシミュレーション法の検証に用いるため、後2軸ダンパーを試験車に用いて走行実験を実施し、車両のばね上・ばね下振動加速度、道路端の地盤振動の同時測定と路面凹凸を計測した。本研究では、測定に用いた車両を後部のみの2自由度系にモデル化して、ニューラルネットワークを用いてこの車両モデルの定数を評価し、接地荷重を推定した。車両モデルの定数は、別報¹⁾において地盤振動の測定結果の考察に利用されている。

2. 路面凹凸の測定

地盤振動を測定した地点を中央に125m区間にわたって、試験車の左右両輪直下となる路面の凹凸を3mプロフィロメータで計測した。対象道路は対面交通2車線の主要県道である。道路横断面における路面凹凸の計測位置(4測線)を図-1に示す。また、各測線の路面凹凸波形を図-2に示す。車両モデル化には車両左側のばね上およびばね下振動加速度を用いるため、No.1測線の路面凹凸波形をニューラルネットワークの構築に用いる。なお、1.5m間隔で読み取った路面凹凸の標準偏差は2.35mmであった。

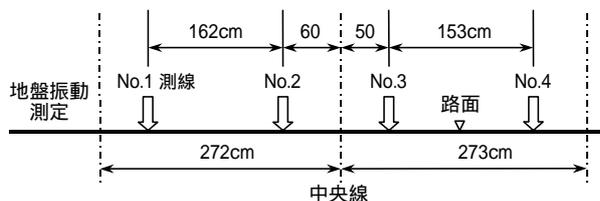


図-1 路面凹凸の計測位置

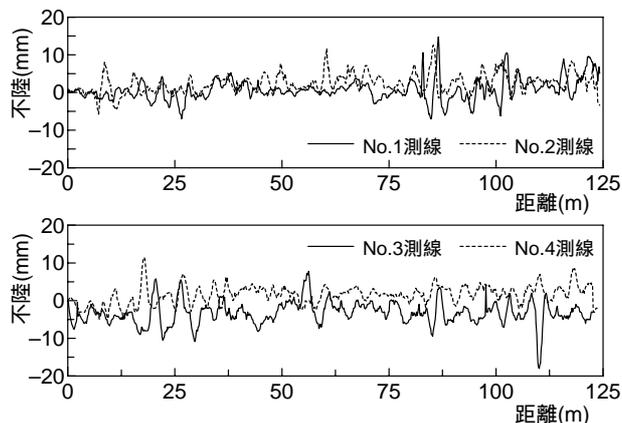


図-2 路面凹凸波形

3. 車両の振動加速度の測定

試験車（日野自動車 KC-FS3FKCD）に取り付けた加速度計はひずみゲージ型で、ばね下振動の計測には容量20G、ばね上振動の計測には容量2Gの加速度計を用いた。取り付け位置は、車両左側の車体（ばね上）、前軸、後軸前、後軸後および車両右側の後軸前（いずれもばね下）の5点である。前軸を除く4点の振動加速度波形を図-3に示す。同図から、車両左側の後軸前と後軸後は同一走行路を通過しており、両者の振動加

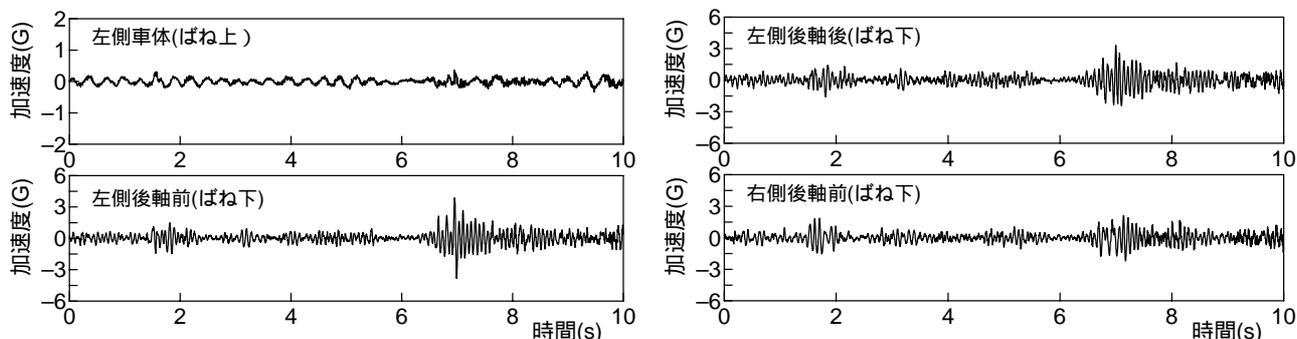


図-3 車両の振動加速度波形

キーワード 試験車走行, 車両振動, ニューラルネットワーク, 動的接地荷重, 車両モデル化

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学工学部建設学科 TEL 078-803-6024

速度波形にはほとんど差異は無い．また，図-2のNo.1測線とNo.2測線の路面凹凸波形に見られるように，路面状態に多少の差異があるにもかかわらず，後軸前の左側と右側の振動加速度波形には顕著な違いは認められない．これらの結果から，ニューラルネットワークの構築に，簡単な2自由度系の車両モデルを用いることは妥当な仮定であると考えられる．

4. ニューラルネットワークによる車両モデルの推定

4.1 ニューラルネットワークの構築

2自由度系モデルのばね上，ばね下質量とばね上ばね定数を学習パラメータとして，実測の路面凹凸(No.1測線の凹凸)に対するばね上，ばね下質点の振動加速度波形を計算し，そのフーリエスペクトルからピーク周波数とピーク値を読み取った．構築したネットワークは入力層，中間層2層，出力層の4層で，その概要を図-4に示す．入力要素はばね上，ばね下のピーク周波数(f_s, f_r)とピーク値(A_s, A_r)，出力要素はばね上，ばね下の質量(m_s, m_r)，ばね上のばね定数 k_s である．なお，既往の文献からばね下のばね定数は $k_r = 2k_s$ と仮定した．また，減衰定数は試験車が低速で人工段差を通過後の減衰自由振動波形から求めた．

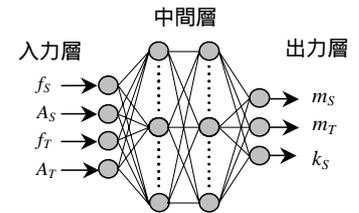


図-4 ネットワークの概要

4.2 推定結果

図-3に示す実測の振動加速度波形(左側車体，左側後軸前)のフーリエスペクトルから f_s, f_r, A_s, A_r を読み取り，構築済みのニューラルネットワークに入力すれば，2自由度系にモデル化した車両の m_s, m_r, k_s が推定できる．推定値として， $m_s = 12,075\text{kg}$ ， $m_r = 2,560\text{kg}$ ， $k_s = 5,795\text{kN/m}$ なる値が得られた．図-5は，左側車体および左側後軸前の振動加速度の平滑化したフーリエスペクトルである．図-6は，推定値を用いた車両モデルの振動加速度のシミュレーション波形である．図-6と図-3の実測波形を比較すれば，ばね下振動加速度は概ね再現されているが，ばね上振動加速度のシミュレーション値は実測値よりも大分大きくなっている． m_s, m_r の推定値は実際の値と大きな差異が無いと考えられるので，ばね定数に対する仮定，減衰定数の測定値等の妥当性について検討が必要である．固定値としたばね定数の比，減衰定数の値を変化させてニューラルネットワークを再構築し，パラメータのどのような組み合わせの場合に，ばね上，ばね下振動加速度のシミュレーション波形が実測波形に合致するかのパラメータスタディなどが考えられる．

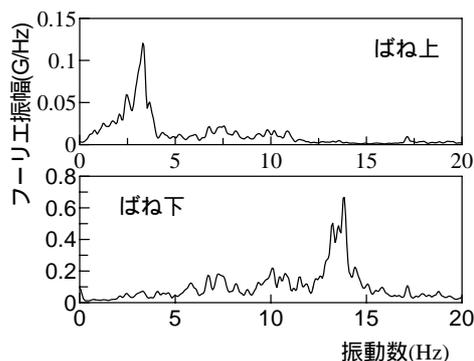


図-5 実測のフーリエスペクトル

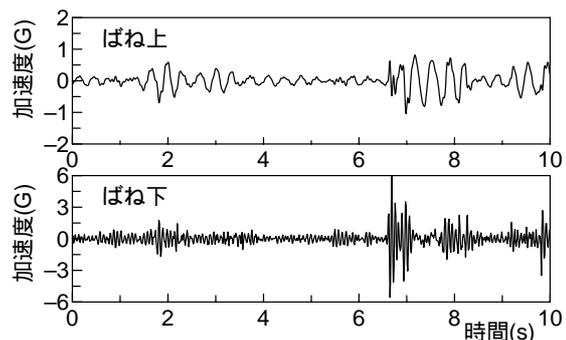


図-6 振動加速度のシミュレーション波形

5. おわりに

図-7にシミュレーションした車両接地荷重の波形を示す．ばね上振動加速度が実測値より大きく推定されていることからばね上振動成分が強調された波形になっていることが分かる．

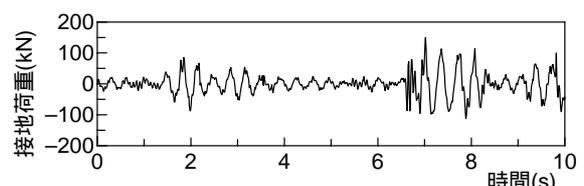


図-7 接地荷重のシミュレーション波形

文献 1) 大国晃之他：試験車走行実験による車両振動と地盤振動のユニットパターンの対応について，土木学会第59回年次学術講演会，2004（投稿中）