

I-B116 道路交通振動のシミュレーション波形に対する一考察

神戸大学工学部 正 員 北村 泰寿

1. はじめに

道路近傍の地盤振動は、自動車と路面凹凸の相互作用によって発生する動的接地荷重と相関が高い。したがって、地盤振動を解析する場合、移動ランダム振動荷重に対する応答解が必要となる。本学会支部年講で、ランダム振動荷重をフーリエ級数に展開し、移動調和振動荷重に対して得られる応答解を利用するシミュレーション法を報告した¹⁾。本報は、大型車通過時の実測振動波形をシミュレーション波形と比較して、シミュレーション法に対する若干の考察を加えたものである。

2. 移動ランダム振動荷重に対する変位解

図-1に示すように、自動車を前輪系と後輪系が独立した2自由度振動系にモデル化する。車両モデルが路面凹凸を通過するときの動的接地荷重は移動ランダム振動荷重となる。

路面凹凸のパワースペクトル $S_R(p)$ に接地荷重の周波数応答関数 $H_Q(p)$ を掛ければ、接地荷重のパワースペクトル $S_Q(p)$ は次式のように表される。

$$S_Q(p) = |H_Q(p)|^2 S_R(p) \quad (1)$$

ここに、 p は円振動数である。ISOは路面凹凸のパワースペクトルを路面周波数に対して規定しており、自動車の走行速度を与えれば周波数領域のパワースペクトル $S_R(p)$ が得られる。

接地荷重のパワースペクトル $S_Q(p)$ から時系列を発生させ、さらにこの時系列をフーリエ級数に展開する方法を採用する。この考えに基づいて、接地荷重のシミュレーション式を書き表せば次式ようになる。

$$Q(t) = \sum_{j=-N, j \neq 0}^N \sqrt{S_Q(\bar{p}_j) \Delta p} e^{i\varphi_j} e^{i\bar{p}_j t} = \sum_j \tilde{Q}_j e^{i\bar{p}_j t} \quad (2)$$

ここに、 $\Delta p = 2\pi/T$ 、 $\bar{p}_j = j\Delta p$ 、 T は接地荷重の時系列を発生させる有限な時間長である。また、 φ_j は位相であるが、パワースペクトル $S_Q(p)$ には位相情報が含まれていないため、 $0 \sim 2\pi$ 間の一様乱数を利用する。移動調和振動荷重 $\tilde{Q}_j e^{i\bar{p}_j t}$ による変位解は、本年講の別報²⁾に譲り、ここでは省略する。

3. シミュレーション波形

計算条件として、自動車の速度を 60 km/h 、地盤のせん断波速度を 200 m/s 、密度を 1.8 t/m^3 、ポアソン比を $1/3$ とする。自動車を前輪系と後輪系に分け、諸元を表-1のように与える。なお、前輪系と後輪系の離隔距離は $s = 4 \text{ m}$ とする。路面状態は、ISOが分けた5区分で、「普通」と「良」の境に相当する路面とする。シミュレーション波形は、観測点(0, 1m)における鉛直変位の応答波形を示す。

図-2は、空荷のときの応答波形である。 S_1, S_2 の波形は、式(2)の計算に必要な位相を2組発生させたことに対応している。同じく、図-3、4は積荷が半分のときと満載のときの応答波形である。いずれの図においても、1sec前後の時刻で応答値が大きくなっているが、自動車が観測点に最接近したときの時刻に相当している。自動車の位置が観測点から離れるとともに、急速に応答値は減少している。とくに、

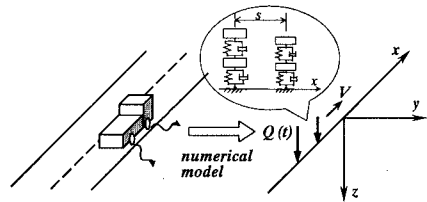


図-1 解析モデルと座標系

表-1 車両諸元

(): 積荷重量	前輪		後輪	
	バネ上	バネ下	バネ上	バネ下
重量 (kN)	35.28	3.92	43.12 (98.0)	15.68
バネ定数 (kN/m)	1176.0	2352.0	4704.0	9408.0
減衰係数 (kNs/m)	4.90	5.88	19.60	23.52

道路交通振動, 地盤振動, 移動荷重, 調和加振, シミュレーション

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 神戸大学工学部建設学科 TEL 078-803-6024 FAX 078-803-6069

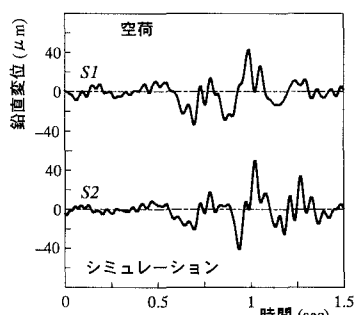


図-2 空荷のとき

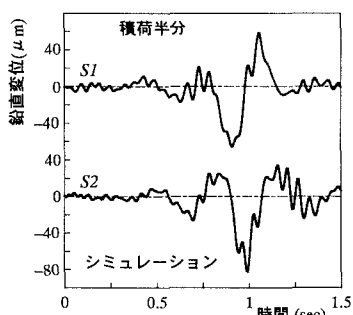


図-3 積荷半分のとき

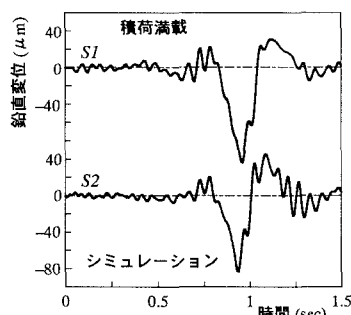


図-4 積荷満載のとき

積荷の場合には、この現象を顕著に把握できる。

4. 実測波形

片側1車線の対面交通道路で、一般大型車の通過による地盤振動を測定した。観測点は道路端で、鉛直加速度を測定し、AD変換後に数値積分によって変位波形を求めた。

図-5は3例の測定波形を示したものであるが、いずれも自動車観測点に最接近したときに応答値は大きくなり、自動車の位置が観測点から離れるとともに減少していることが分かる。一応、実測波形は積荷半分の場合のシミュレーション波形に似た性状を示しているが、実測波形とシミュレーション波形の間には、振幅、周期ともに違いが見られる。

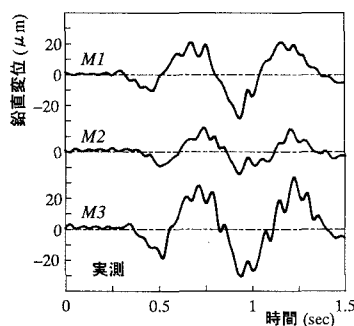


図-5 実測波形

5. シミュレーションに関する一検討

図-6は、シミュレーション波形と実測波形のフーリエスペクトルを示したものである。地盤の周波数特性から考えて、両者の周波数成分の違いには、シミュレーションにおける車両のモデル化が関係しているのではないかと考える。

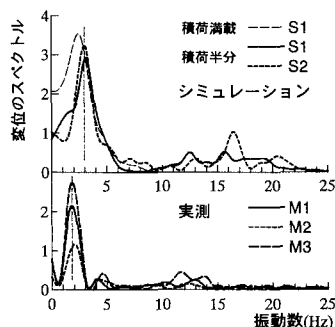


図-6 フーリエスペクトル

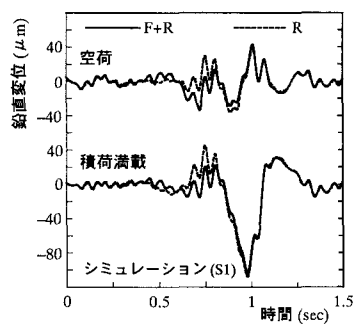


図-7 前輪の影響

一方、図-7は、前輪系と後輪系の連行振動系(F+R)と後輪系だけの単独振動系(R)による応答波形を比較したものである。空荷、積荷のいずれにおいても、前輪系の影響がわずかしちか表れていない。

これらより、前輪の諸元、後輪の車軸数、前・後輪の車軸間長、前・後輪の連成運動、走行速度など、実測対象に合せた車両のモデル化が必要である。

6. あとがき

本報では、地盤を半無限弾性体にモデル化し、自動車走行による地盤振動のシミュレーション法を展開した。実測とシミュレーションの比較では、車両条件、走行条件、地盤条件などに相当の違いが考えられる。シミュレーション波形は実測波形の大略の傾向を表しているのではないかと考えるが、実測データの積重ねを通じて、更なる検証が必要である。また、本報のシミュレーション法では加速度波形を直接得ることはできないため、この点に改良を加えて加速度波形による比較も実施したいと考えている。

[文献]

- 1) 北村・武居:道路交通車両による地盤振動解析に関する一手法, 土木学会関西支部年次学術講演会, 1998.
- 2) 松尾・北村:移動調和振動荷重による地盤振動の特性と解析法に関する検討, 土木学会第54回年次学術講演会, 1999. (投稿中)