

東京大学 工学部 正員 松本 嘉司
 同上 正員 西岡 隆
 同上 学生員 〇橋本 渉一

1. 概説

鉄道車輛の車輛運動に関する問題としては、地震荷重により軌道が振動した場合の走行安定性を検討することが求められている。この時軌道が地盤上に有り直接に地震動を受ける場合と、各種の構造物の基盤に地震が入力し、その構造物を介して軌道が振動を受ける場合があると考えられる。また構造物はそれぞれ固有の振動周期、減衰定数を持つことから、各条件により車輛の走行安定性は異なり一概に結論できない。本研究は已に提案された2軸車輛のシミュレーションモデルを用いて、軌道が直接地震動を受けた場合、構造物を介して受けた場合に、構造物の固有周期、減衰定数をパラメーターとした走行安定性、即ち走行安定性に関する地震応答スペクトルを求めようとするものである。

2. 2軸車輛のシミュレーションモデル

今回の応答計算に用いたシミュレーションモデルは、不規則軌道外力を受ける場合の車輛応答を求める為のモデルであり、次のような非線形性を考慮している。①車輪の有効半径、踏面勾配の変化 ②クリープ率とクリープ力 ③x, y, z 方向バネ係数 ④バネのヒステリシスによる減衰。モデルの自由度は12 であり、計算方法はRUNGE-KUTTA-GILL法を用いて時間刻みは $\Delta t = 1/1000$ 秒で行なった。

3. エルセントロ地震波による応答計算

エルセントロ地震波(図-4)入力に対する、ワラ-1秒2軸貨車の応答を求めた。軌道に直接地震波が入った場合の、車軸横変位(図-5) 脱線係数(図-6) 輪重変動(図-7)を示す。入力加速度は2秒後に最大値(0.326G)を示すが、輪重減少率が最大値(100%)を示すのは6秒後であることがわかる。脱線係数は4.5秒後に最大値(0.6)を示すが、フランジ乗り上りは生じていない。次に構造物(固有周期 $T=1.0$ 秒、減衰定数 $H=0.05$)を介して軌道に地震入力があった場合の車軸横変位(図-8) 脱線係数(図-9) 輪重変動を(図-10)を示す。この例では構造物の振動を受けて輪重抜けが2.4秒後に生じ、転倒現象を示している。

4. エルセントロ地震波による走行安定性の応答スペクトル

エルセントロ地震波(最大加速度0.1Gに正規化)に対する、輪重減少(図-1) 脱線係数(図-2) 車軸横

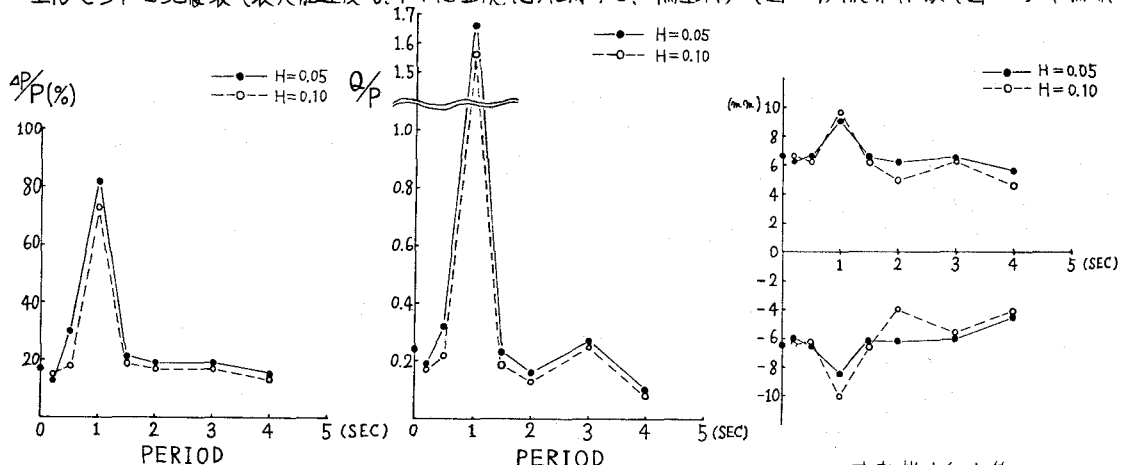


図-1 輪重減少率応答スペクトル 図-2 脱線係数応答スペクトル 図-3 車軸横変位応答スペクトル

変位(図-3)の応答スペクトルを示す。横軸は構造物を一質点系と考えた時の固有周期を表わし、その減衰定数をパラメータとしている。輪重減少率は $T=1.0$ 秒で大きな値を示し、車体ローリングの大きいことがわかる。入力加速度が大きくなると、輪重抜け100%に達することが予想される。脱線係数、車軸横変位もやはり、 $T=1.0$ 秒で大きな値を示し、フランジ乗り上りを生じていることがわかる。固有周期 $T=1.0$ 秒は車輛のローリング共振点に一致しており、地震時に構造物というフィルターを通して共振振動数に近い入力を受けた場合、

EL CENTRO-NS 1940.5.18

軌道に直接地震入力があった場合に比較して(CM/SEC²)

車輛の動揺は激しくなり危険状態になる。

入力加速度が大きくなれば、転倒・脱線現象が起これらと考えられる。減衰定数が大きくなるにつれて車輛の(MM)

応答値は一般に小さくなるが、共振時において車軸横変位は逆に大きくなることもある。

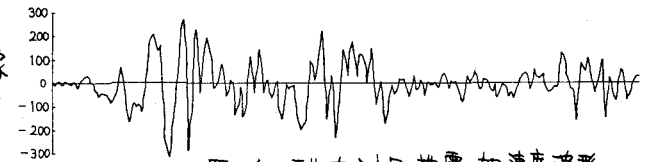
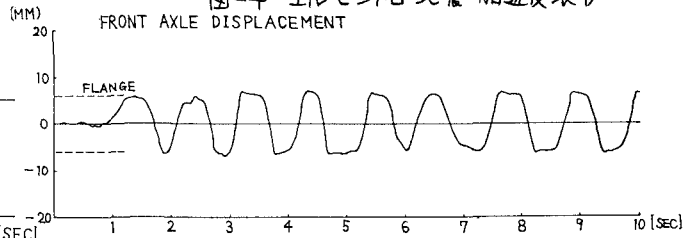


図-4 エルセントロ地震加速度波形



FRONT AXLE DISPLACEMENT

5. 結論

地震時の2軸車輛の走行安定性は、車輛と軌道の敷設された構造物の固有周期が一致した場合、直接軌道に入力された場合に比較して、不安定状態をむかえる。脱線又は転倒が生じるかは、構造物の特性(固有周期・減衰定数)により異なる。

6. 今後の課題

多くの地震波に対して応答スペクトルを求めることにより、走行安定性の平均応答スペクトルを求め多自由度構造物への適用を図りたい。また走行速度の影響についても検討中である。

図-8 車軸横変位(間接入力)

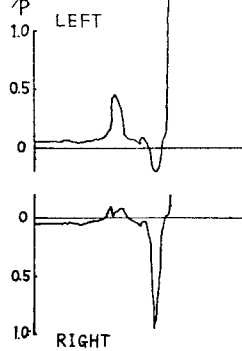


図-9 脱線係数(間接入力)

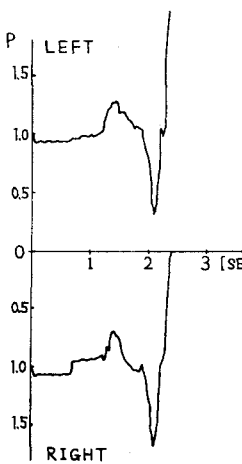


図-10 輪重変動(間接入力)

LEFT

RIGHT

図-5 車軸横変位(直接入力)

% DERAILMENT COEFFICIENT

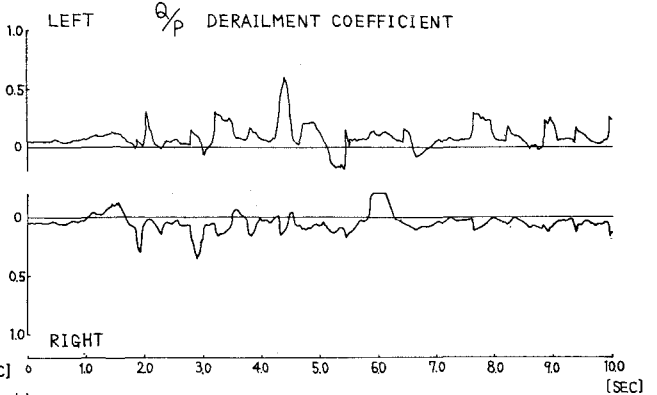


図-6 脱線係数(直接入力)

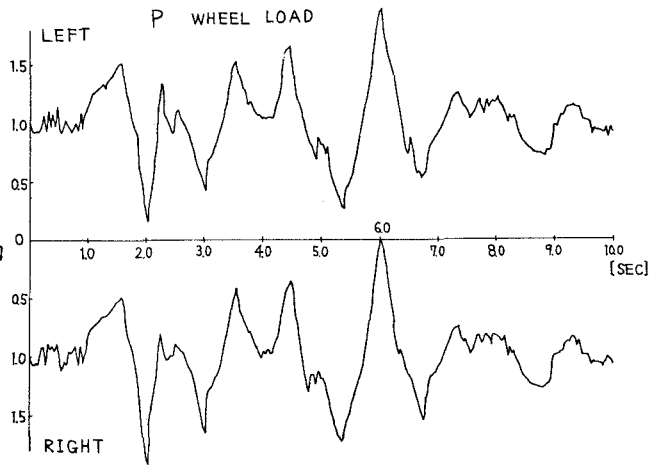


図-7 輪重変動(直接入力)

P WHEEL LOAD

LEFT

RIGHT