

I - A 156 3次元車両モデルによる地震時の走行安全性に関する研究

金沢工業大学大学院 学生会員 ○田中弘紀 日本機械保線(株) 秋山直樹  
 金沢工業大学大学院 学生会員 杉本達重 (株)白石 横野慎一郎  
 金沢工業大学 正会員 松浦章夫 日成ビルド工業(株) 山田 隆

1. はじめに

本研究は、既存の鉛直フランジ付き31自由度車両モデル<sup>1)</sup>のレール弾性特性と車輪・レール間接触部の力学特性を改良することによって得た、車輪の乗り上がり脱輪も解析できる39自由度車両モデル<sup>2)</sup>を用いて、その地震時の走行安全性をシミュレーションで検討した。

2. 解析の方法と特徴

地震時の走行車両には、種々な力や現象が生じる。39自由度車両モデルはその車両の各部に働く力、フランジ遊間、クリープ力及びレール弾性特性や、レールの上下方向の弾性変形特性、車体・台車枠のローリング角に伴う非線形効果等を考慮した場合の、地震波形により振動する軌道を走行する車両の解析モデルであり、カルカー理論により車両の脱輪現象までを追うことができる。使用する地震波形には、兵庫県南部地震神戸観測波の南北成分図-1、東西成分図-2、鉛直成分図-3及び十勝沖地震八戸観測波図-4を加速度振幅の倍率を変えて用いた。それらの地震波形を構造物への地盤入力振動とし、得られた応答変位及び応答速度波形を軌道振動波形とする。構造物の鉛直方向の振動は、地盤の振動と同じとする。構造物の振動特性値は、固有振動数0.3~3.0Hzまでの0.3Hz刻みとし、減衰定数を0.05として計算する。

3. シミュレーション計算例

上記の方法で解析した結果について示す。車両の輪重と横圧及び時間との関係について解析結果を安全走行時の例(神戸観測, 南北+上下成分波入力時)図-5, (八戸観測, 水平成分波入力時)図-7, 飛び上がり脱輪の例(神戸観測, 南北+上下成分波入力時)図-6, 乗り上がり脱輪の例(八戸観測, 水平成分波入力時)図-8として示す。これらのデータをもとに、構造物の固有振動数と最大振動加速度ごとに脱線の有無を入力地震波別にプロットした。

4. 解析結果の検討

図-9には、神戸観測, 南北, 上下波入力, 走行時(200km/h), 31自由度モデルと39自由度モデルの比較を示す。構造物の固有振動数0.9Hz~1.5Hz以外の区間では前者の限界振動加速度は、後者のそれよりもやや小さくなっている。これは、31自由度車両モデルが、横圧・輪重比の許容値を2.0として間接的に脱輪を判定しているのに対し、39自由度車両モデルでは、カルカー理論を用いて直接的に車輪の乗り上がりによる脱輪現象の判断をしていることの違いによる。図-10には、神戸観測, 南北, 上下波入力, 39自由度モデル, 走行時(200km/h)と停止時の比較を示す。この図より、車両速度は、地震時走行安全性にあまり大きな影響を与えないといえる。図-11には、停止時の39自由度車両モデルに神戸観測, 南北, 上下波と東西, 上下波を入力した場合の比較を示す。図-12には、走行時(200km/h)の39自由度車両モデルに神戸観測, 南北, 上下波と八戸観測, 水平波を入力した場合の比較を示す。これらの図において、どの入力波形を用いた場合においても構造物の固有振動数0.9Hz~1.5Hzの区間では、限界振動加速度が小さくなっている。これは地盤振動数、構造物の固有振動数及び車両のロッキング固有振動数が互いに近づき、共振現象を起こしていることが原因であると考えられる。

5. あとがき

ここで示した結果より、脱線を引き起こす入力地震波形には振動数や振幅の増加率に一定の規則性がみられる。今後はこの点に着目し、標準化した入力波形を用いて解析を行っていく予定である。

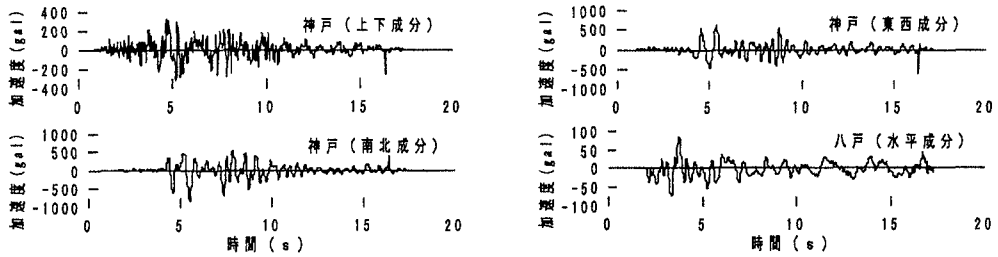


図-1, 図-2, 図-3, 図-4 使用する地震加速度波形

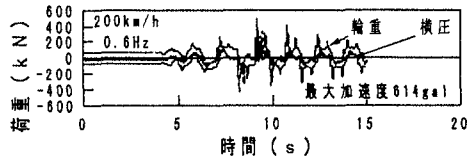


図-5 安全走行の例(神戸観測波入力時)

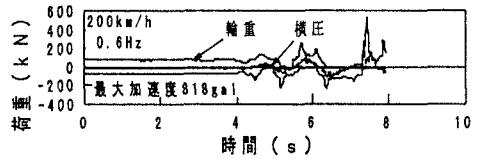


図-6 飛び上がり脱輪の例(神戸観測波入力時)

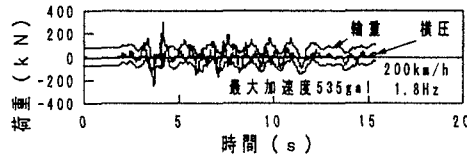


図-7 安全走行の例(八戸観測波入力時)

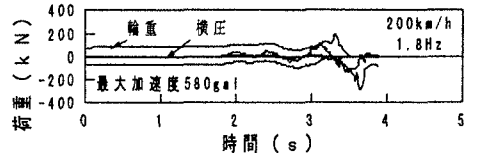


図-8 乗り上がり脱輪の例(八戸観測波入力時)

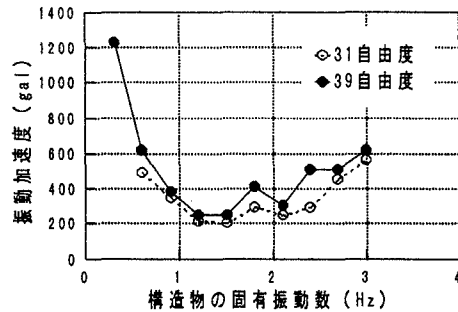


図-9 31自由度モデルと39自由度モデル

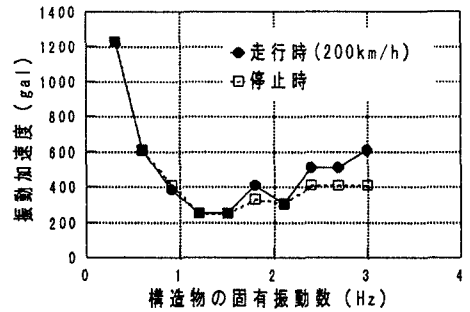


図-10 39自由度モデル走行時と停止時

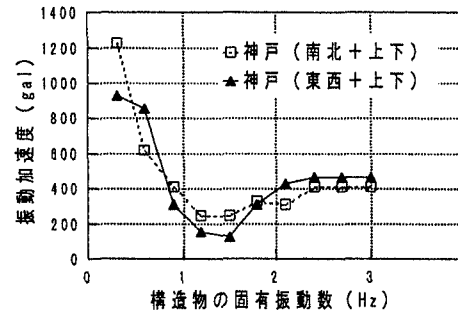


図-11 神戸(南北+上下), (東西+上下)波入力時

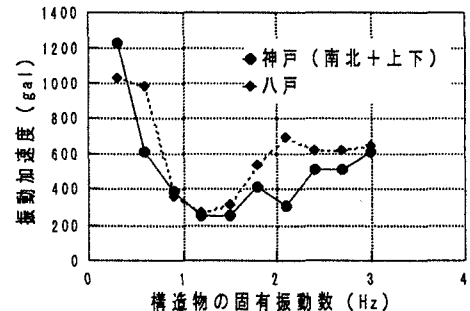


図-12 神戸(南北+上下), 八戸入力時

文献 1)松浦・富田・涌井:鉛直フランジ付き3次元車両モデルによる振動軌道上車両の走行性に関する研究, 土木学会論文集 No.556号, 1997年1月.

2)松浦・田中・杉本:車両と軌道の動的相互作用シミュレーションと二三の計算例, 土木学会第50回年次学術講演会