

高速走行車両の進行直角方向の安定性に及ぼす地震動の影響

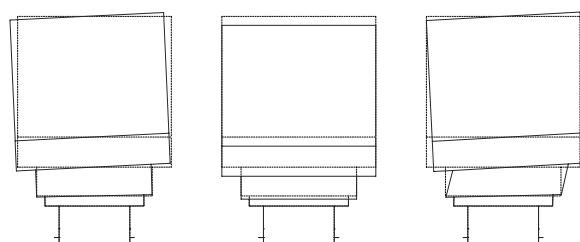
東京工業大学大学院 正会員 ○渡邊 学歩
 (株)建設技術研究所 正会員 市川 吉洋
 東京工業大学大学院 正会員 川島 一彦

1. はじめに

2004年10月23日に発生した新潟中越地震では、走行中の上越新幹線が脱線した。新幹線は多数の箇所では断層を横切っており、今後、新潟中越地震や阪神大震災などの直下型地震が発生した場合に走行中の新幹線が脱線する可能性は高い。今回のような脱線事故を防ぐためには、地震動を受けても、走行中の車両が安定性を保つ様に行なければならない。本研究では、高速走行車両を対象とし、地震動を受けた場合の走行安定性の影響について検討した。

2. 高速走行車両のモデル化

本研究では、高速走行車両の地震時安定性を検討するため、新幹線200系車両を対象とし、進行直角方向の地震時応答について解析を行う。車両、台車および輪軸の寸法、各部に取り付けられているばねの剛性など構造諸元については、涌井ら、松浦らおよび松尾ら^{1), 2), 3)}が行った研究に従い、半車体分の車両をはり要素およびばね要素による24節点(質量を有するのは8節点)、37自由度の2次元平面モデルを用いてモデル化した。図-1には主要振動モードを示す。



(a) 1次 (b) 2次 (c) 3次
 図-3 車両の固有振動モード

1次(周期 $T_1=1.7$ 秒)および3次(周期 $T_3=1.0$ 秒)では、車体および台車のローリングが卓越する。水平方向有効質量比もそれぞれ、21%および47%と大きいことから、車体および台車のローリング振動が連成して卓越することが分かる。2次モードでは車体の水平方向振動が卓越し、固有周期は $T_2=1.08$ 秒、有効質量比は25%である。

3. 高速走行車両の地震応答解析

橋梁上にある新幹線を対象とし、固有周期 T_p の1自由度系の弾性応答加速度をJR鷹取駅記録のNS成分を元に水平方向について計算し、これを水平方向の地震力として与えた。上下方向については、構造物による増幅は小さいと考え、JR鷹取駅記録のUD成分をそのまま入力した。

図-2には固有周期は1秒の橋梁上を走行中に地震動を受けた場合の応答を示す。車体の水平方向の応答変位は7.8秒付近から正方向にスライドし、75cm程度の残留変位が生じる。右側の車輪に着目すると、最大で78mm浮き上がりを生じ、水平方向にすべりが生じた結果、車輪がレールに乗り上げ、時刻8秒以降、水平方向に変位が急増し最大で1.02mの変位が生じている。最終的に地震終了後には73cmの残留変位が生じており、車両の脱線をシミュレーションできている。

時刻5.5～8.5秒付近の右側の車輪の水平および上下方向の応答を詳しく示すと図-10のようになる。時刻6.75秒から車輪が浮き上がり、続いて水平方向に車輪が滑り出し、時刻6.94秒には車輪の水平方向相対変位 Δu がフランジ遊間 $\Delta u_G=5\text{mm}$ に達し、以後右側の車輪は車輪フランジの拘束が無くなるために脱線しやすくなる。これにより時刻8秒以降は車輪がレール上を滑り、前述したように最大1.02mの車輪の応答を生じる。車体および輪軸の回転角を図-11に示す。脱線の生じる7秒付近で最大0.053rad(3.04度)の応答回転角が生じる。車体についても最大0.312rad(17.9度)となる。ここでは、説明を省略したが、地盤上を車両が走行する場合についても同様の解析を行っており、その場合に比べて2倍程度応答回転角大きくなり、脱線転倒の危険性が高くなっていることを示している。

キーワード 高速走行車両, 地震時応答, 脱線

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 (独)東京工業大学大学院理工学研究科 TEL 03-5734-2922

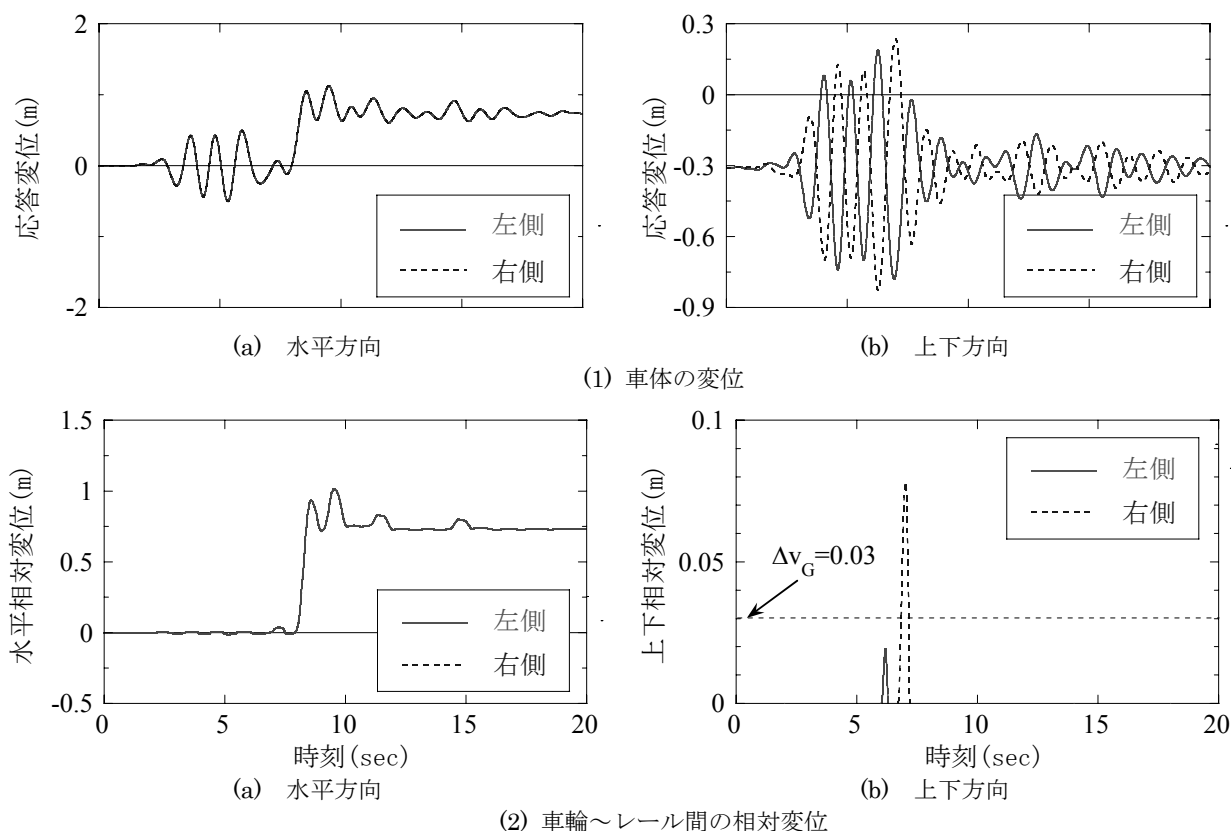


図-2 橋梁（固有周期 1 秒）上を走行する場合の応答変位

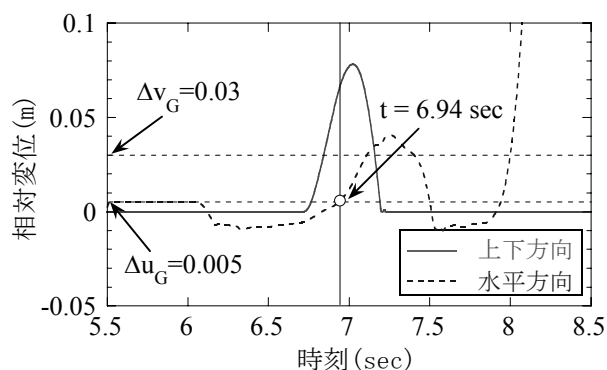


図-10 右側の車輪～レール間の相対変位

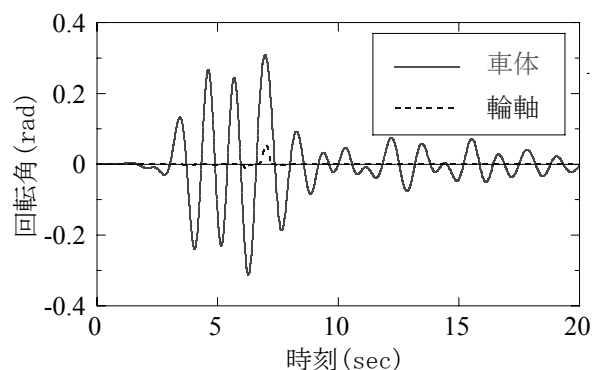


図-11 橋梁上を走行する場合の回転応答変位

4. 結論

半車体分の車両をモデル化した 2 次元平面モデルを用いて、強震動が作用する場合の車両の地震時応答を非線形地震応答解析によって検討した。本解析の結果得られた結論は以下の通りである。

- 1) 固有周期 1.0 秒の橋梁上を走行する場合には、車輪の上下方向の浮き上がりがフランジ高さを超え、車輪の水平方向変位がフランジ遊間を超えることにより、脱線する。
- 2) 車体および車輪の回転角は脱線の生じる 7 秒付近で、3.0 度および 17.9 度となる。これは、地盤上を走行する場合に比べて、2 倍程度大きい値であり脱線の可能性が大きくなることを示している。

参考文献

- ・ 涌井 一, 松本信之, 松浦章夫, 田辺誠：鉄道車両と線路橋梁の連成応答解析法に関する研究, 土木学会論文集, No.513/I-31, pp 129-138, 1995.
- ・ 松浦章夫, 富田健司, 涌井一：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/I-38, pp. 169-178, 1997
- ・ 松尾雅樹, 室井陽三：高周波輪重変動下における脱線現象, 鉄道総研報告, Vol.4.No.6, 1990.