

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 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、鉄道併用橋である長大吊橋が風荷重を受けた場合、さらに一般橋梁を含め地震荷重を受けた場合の走行安定性を解明することが求められている。本研究は、鉄道車輛の原形とも言える2軸貨車の、車輪踏面・各バネ・リンフ・クリープ力の非線形性を考慮したシミュレーションモデルを提案し、それに実地震波形を入力し、その車輛応答を求めることにより、不規則軌道外力を受けた場合の走行安定性について考察しようとするものである。

2. 非線形性を考慮した車輛のシミュレーションモデル

車輛運動の理論的研究に対しては、まず線形モデルが用いられ、軌道から正弦外力を受ける場合の定性的性質を知ることができた。ここでの線形とは諸定数が定数で車輛の運動方程式が2階の線形微分方程式で表わすことができることを指すものである。地震荷重あるいは通り狂い等の不規則(非定常)軌道外力を受ける場合の、定量的な応答を知る為には、各種の非線形性を考慮したモデルが必要である。本研究でのモデルは次のような非線形性を考慮している。各図の値は1/5模型車輛に対するものを示した。①車輪踏面勾配(図-2)通常走行踏面からフランジにかけて踏面勾配角度が直線的に変化するとすると、車輪有効半径の滑らかな変化が表現されることになる。②車輪・レール間クリープ力(図-1)クリープ率が微小な場合、クリープ力は比例関係にあるがクリープ率が増大した時には、動マサツカに移行するものと考えられる。③進行方向バネ係数(図-3)軸箱・軸箱守圍の拘束関係を表わすものである。④進行直角方向バネ係数(図-4)2段リンクの変形特性と軸箱守

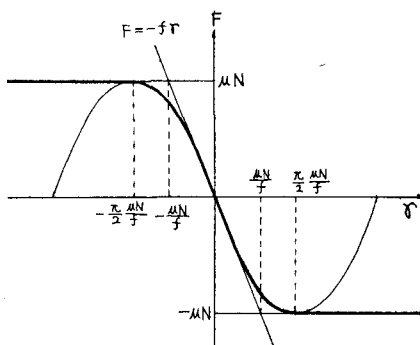


図-1 クリープ率とクリープ力

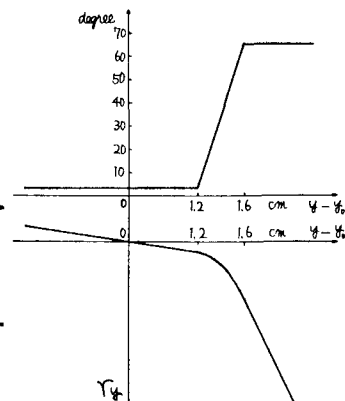


図-2 車輪踏面勾配と有効半径

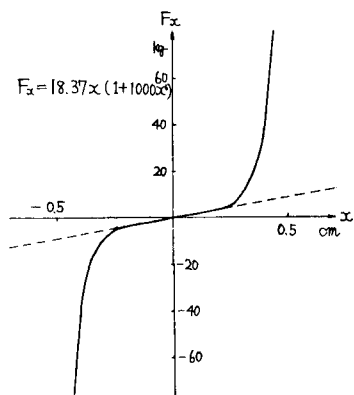


図-3 進行方向(x)バネ

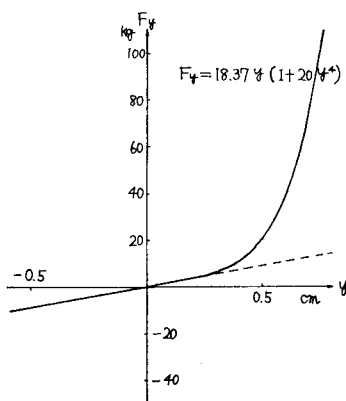


図-4 進行直角方向(y)バネ

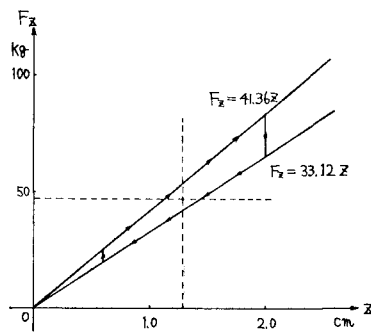


図-5 鉛直方向(z)バネ

による、軸箱の外方変位に対する拘束関係を表わすものである。

⑤鉛直方向バネ係数(図-5)
実車での板バネの変形特性を考慮して、変形方向によりバネ定数の異なるヒステリシスカーブを描くことによる減衰を含めた。

⑥車体・車軸鉛直方向自由度
輪重抜けの現象を表現するには、鉛直振動による慣性力を考慮することが不可欠であり、鉛直バネ・ローリングの自由度を含めた。また減衰については、各バネについて粘性減衰をも仮定して含めた。

3. 地震波による応答計算

Newmarkの(3法($\beta=1/6$))
($\Delta t=1/1000$ 秒)による逐次応答計算を、エルセントロ地震波(時間スケール $\times\sqrt{5}$, MAX=0.7G)に対して行なった。(図-6)
これによると、初期は左右逆位相であった輪重抜けが徐々に増大するにつれ同位相となり、脱線係数も激しく変動し、車輪はフランジ部の直前まで変位し走行する。最初の完全な輪重抜けで脱線係数無限大で、フランジ衝突が起こり次の輪重抜けを受けて、車輪は逆側に乗り上がる。

4. 今後の課題

地震を受けた橋梁の応答をInputとして、高架橋梁上の地震時の走行安定性を検討したい。模型車輛による実験データとの照合によりモデルの精度を高め、ボギー車輛へ拡張し、これにより軌道変位時の鉄道車輛の安全走行限界を求めることについて、検討中である。

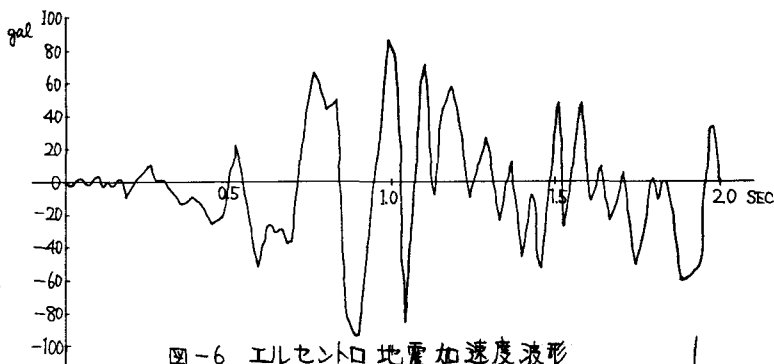


図-6 エルセントロ地震加速度波形



図-7 車軸横変位

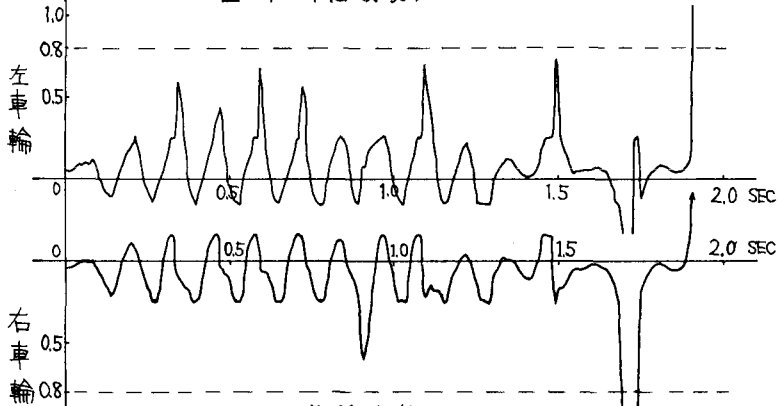


図-8 脱線係数

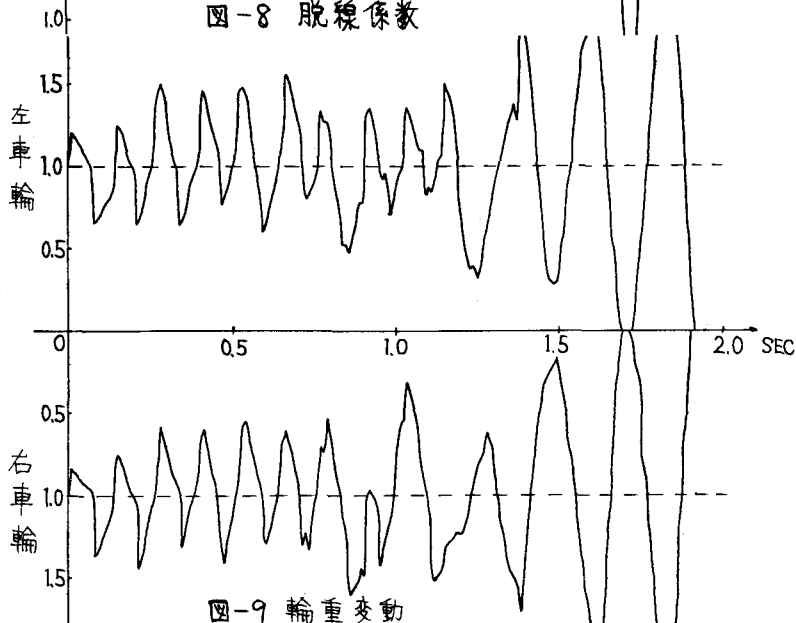


図-9 輪重変動