

東京大学 工学部 正員 松本 嘉司
 東京大学 大学院 学生員 〇橋本 渉一
 国 鉄 正員 秋山 芳弘

1. 概 説

鉄道車輛の走行安定性に関する問題としては、長大吊橋が風荷重を受けた場合、さらには地震荷重を受けた場合等、軌道が振動する状態の車輛運動が研究されており、2軸車輛の運動については従来より多くの研究報告がなされている。本研究ではボギー車輛の運動を理論的・実験的に研究し、走行安定性を求めることを目的としている。

2. ボギー車輛の振動モデル

2軸ボギー車輛は通常、車体1・台車2・車軸4の7個の剛体と各剛体間のバネと減衰器で構成されているものと見なされる。この運動方程式を考えると($6 \times 7 = 42$ 自由度(図-1))となるが、本研究では現象を簡略化する為に、車体・台車・車軸の横変位($y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7$)、車体・台車のローリング($\theta_{1x}, \theta_{2x}, \theta_{3x}$)、車体・台車・車軸のヨーイング($\theta_{1z}, \theta_{2z}, \theta_{3z}, \theta_{4z}, \theta_{5z}, \theta_{6z}, \theta_{7z}$)の17自由度の振動モデルをつくり、振動軌道上での運動を計算した。この線型17自由度モデルによって求めた、木キ-300 1/5 模型車輛の満車状態・走行速度 3m/sec の場合の、車体側壁部水平・鉛直方向加速度の軌道加速度により正規化された共振曲線を図-2に示す。1.5Hzに共振点ピークがあるが、これは車体横変位と車体ローリングとが同位相の、いわゆる低心ローリングと云われる運動である。さらにこの17自由度モデルにより、車輛の走行安定性を考える上で重要な、脱線係数 ϕ と輪重減少率 $\Delta P/P$ を求めた。軌道振動数と軌道振幅を座標軸にとり、木キ-300 1/5 模型車輛についての $\phi = 0.8$, $\Delta P/P = 0.8$ のカーブを図-3に示す。2カーブにより規定される小振幅側を安全領域、大振幅側を危険領域とした。これより低心ローリング共振点において輪重減少率が大きくなることにより安全走行の為の振幅が限定されることがわかる。

3. 振動軌道上における走行実験

木キ-300 1/5 模型車輛による振動軌道上の走行実験を行なった。(写真-1) 車体加速度 a_B と軌道加速度 a_T との比 a_B/a_T の共振曲線を図-2に示す。1.5~2.0Hzに低心ローリング共振点がある。共振点より低い振動数においての差異はないが、高

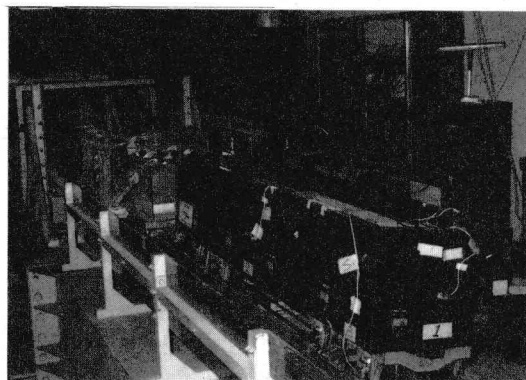


写真-1 木キ-300 1/5 模型車輛

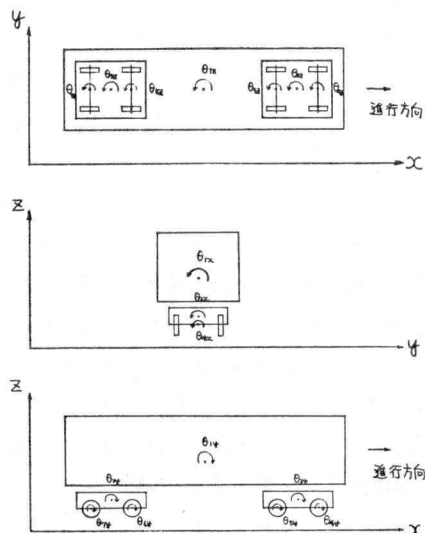


図-1 ボギー車輛 振動モデル

い振動数においては軌道振動が大きくなると、車体の振動は相対的に小さくなる

ことがわかる。これはバネ・車輪踏面等の非線型性の表われであると考えられる。

$\alpha_r = 0.15G$ で1.5~2.5 Hzの軌道振動を与えた場合、ロッキング現象が激しくなり走行実験は不可能であった。

車体側壁鉛直・水平方向加速度のパワースペクトル分析の結果を図-4に示す。横方向加速度については常に軌道振動数の成分が卓越しているが、鉛直方向加速度では倍振動数成分も大きく含んでいることがわかる。これは線型理論モデルからは予測されなかったことである。

4. 結論 (i)低心ローリング共振では車体のローリング動が増大し、輪重抜けが過大となり不安定となる。(ii)共振点以上の振動数では、軌道加速度が大きくなると相対的に車体振動は小さくなる。(iii)共振点以下の振動数では走行速度が高くなると車体振動は大きくなり、共振点以上の振動数では逆に車体振動は小さくなる傾向がある。今後の問題として、不規則入力に対する車輛応答を求めることが課題になると思われる。

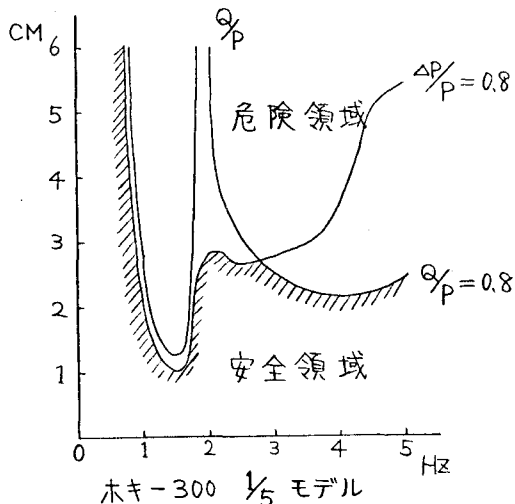


図-3 振動軌道 走行 安全領域

満車 $V = 3 \text{ M/SEC}$

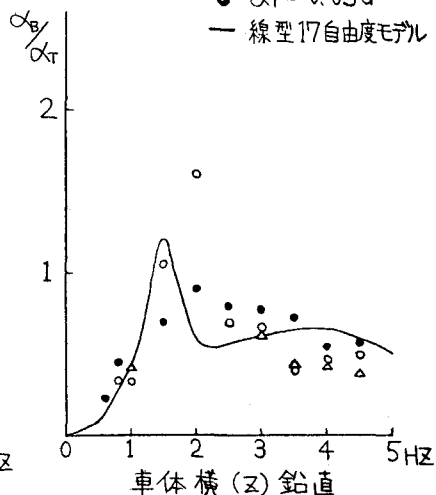
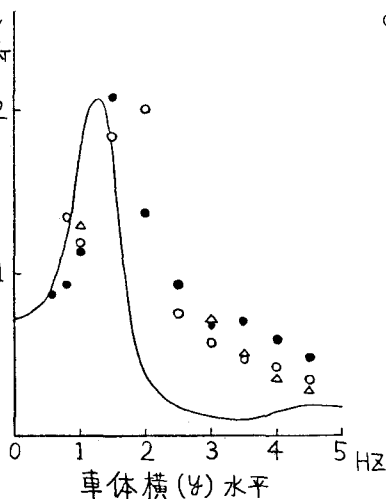


図-2 キー-300 1/5 模型車輛 加速度共振曲線

$V = 3 \text{ M/SEC}$

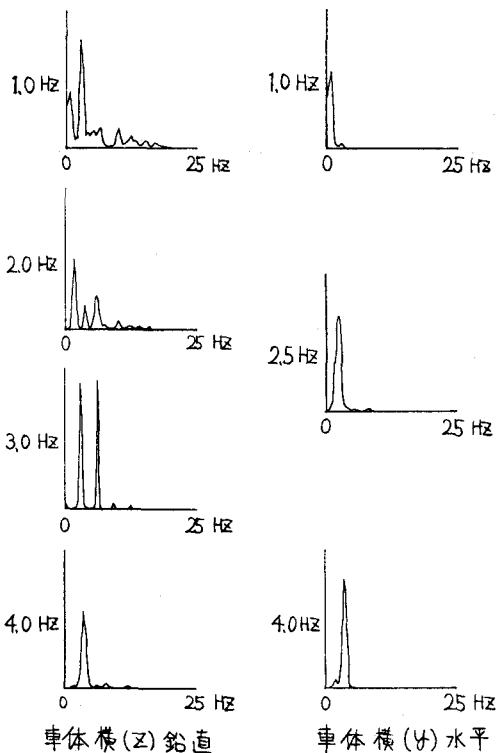


図-4 車体加速度パワースペクトル