

電源開発(株) 正員 佐藤 泰明
 埼玉大学工学部 正員 秋山 成興
 埼玉大学工学部 学生員 中原 建

1. 概 説 従来の研究報告(文献)から車両が危険状態に至るのは鉛直方向よりむしろ、水平方向の外力に対してである。従って本報告は、外力を水平方向のみに限定し、昨年度に引続き、振動する軌道上での車両の安定性について実験的及び理論的に検討したものである。特に、本報告では、車両各部のばねや吊り装置の摩擦による減衰に注目したものであり、全長36mの大型軌道振動台上に1/5の車両模型を用いた模型実験と電算機による車両の応答シミュレーションからその動的挙動を解明することを目的としている。ここでは、その1段階として、軌道上に停止している車両が水平方向の正弦波状外力を受ける場合について報告する。また、対象とした貨車はワラ1形2軸貨車とホキ300形2軸ボギー貨車である。

2. シミュレーションモデル

本報告は、外力として水平方向のみをとり、車両が停止状態にあるとするため、半車体系で解析を行う。運動方程式をたてるにあたって、図-1のようにワラ1形貨車の、また図-2のようにホキ300形貨車の力学モデルを作成した。このモデルの各部について釣合を求め、それぞれの自由度に対して運動方程式をたてる。自由度はここでは、停止時で半車体系を考えているため、車体のヨーイング等、あまり外力の影響を受けない運動の自由度は適宜省略して簡略化を行っている。その結果、ワラ1形貨車は、車体の横動、ローリング、上下動の3自由度とした。また、ホキ300形貨車は、車体の横動、ローリング、台車の横動、ローリング、車輪の横動の5自由度とした。ホキ300形貨車は揺れ枕装置を有しているため上下方向には車体があまり変動しない構造なので上下動は省略した。振動問題を取り扱う上で、最も問題となるものの1つに減衰をいかにうまく取り入れるかがある。昨年度はこの減衰機構をダンパーによって表わし、減衰係数は自由振動により求めた。そこで本報告は、車両の減衰はそのほとんどが車両各部のばねや吊り装置における摩擦によってエネルギーが消散し、減衰するという考えに基づき、まず、ばねや吊り装置の静的な履歴を測定し、それをモデル化して解析に用いた。その中の代表例として、ホキ300形貨車の揺れ枕装置を図-3、軸ばねを図-4に示す。ホキ300形貨車の揺れ枕装置は、その変位が大きくなると台車枠に接触することにより変位が拘束され、急激にそのばね定数が増大する特性をもつ。また、軸ばねは、台車枠内にはいており、軸箱との間の摩擦から図のような性質を示す。この他、枕ばねは、重ね板ばねからできているので板間の摩擦が生じ、振動の減衰に大きく影響している。また、ワラ1形貨車では、車体と車軸を結合している2段リンク及び数

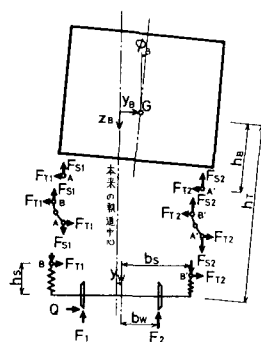


図1 ワラ1形力学モデル

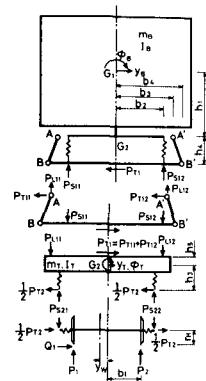


図2 ホキ300形力学モデル

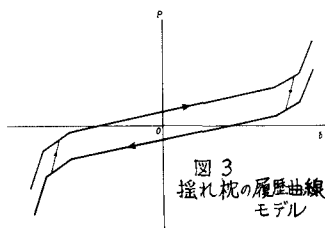


図3 揺れ枕の履歴曲線モデル

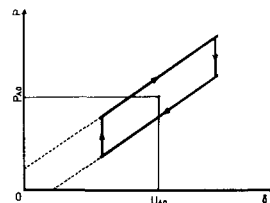


図4 軸ばねの履歴曲線モデル

枚の板ばねからできている担ばねに摩擦があり、運動を減衰させている。

3. 実験及び結果 模型実験は埼玉大学工学部所有の大型軌道振動台上に1/5模型車両をおき、水平方向に正弦波で加振して、定常状態になった時の車体の加速度と輪重、横圧について測定を行った。振動台からの入力加速度は0.05gと0.10gの2通りとし、振動数を1.0Hz～4.5Hzまで変化させた。また、積載状態は荷重を全体にわたって積載した積車状態と、片側に荷重を偏載した場合について実験を行った。測定結果をまとめるにあたって、加速度は入力加速度に対する応答倍率の最大値、輪重については輪重減少率の最大値、横圧についてはその最大値で整理した。また、車両が脱線や転覆の生じる前段階の1つとして、ロッキング現象が考えられるので、そのロッキングを開始する振動台の入力振幅を求めた。しかし、高振動数領域では、振動台の最大加振加速度が0.5gであることから浮上限界の振幅を実験的に求められなかった。これらの実験結果ならびにシミュレーション結果をワラ1形貨車については図-5に、ホキ300形貨車については図-6に示す。ワラ1形貨車の加速度応答(図-5(a), 5(b))において、実線はレールを磨いた状態(摩擦係数は $\mu_w=0.36$)に対応する。水平方向の加速度は実験値とほぼ対応しているが、鉛直方向の加速度は実験値より計算値が大きくなっているが、これは、現在、軸箱と車輪軸の遊間をモデル解析に考慮していないためと考えられる。また、図-5(b)は、片輪浮上限界曲線であり、この曲線より下側の斜線部が安定領域である。次にホキ300形貨車について述べる。まず、その加速度応答を図-6(a), 6(b)に示す。ホキ300形貨車の特徴として、固有振動数で急激なピークがみられる。これは、ワラ1形貨車の2段リンク装置に比べ、揺れ枕装置の摩擦が少ないためである。この場合の実線も磨いた状態($\mu_w=0.34$)に対応する。図-6(b)に片輪浮上限界曲線を示す。これより最小許容振幅は9mmであり、ワラ1形貨車より安定していることがわかる。

4. 結論

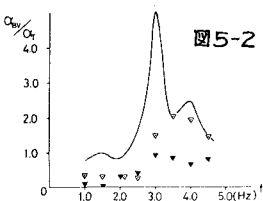
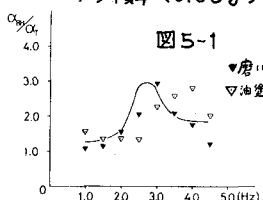
(1). ワラ1形貨車、ホキ300形貨車の鉛直方向加速度には、外力の振動数の約3倍の高周波成分が含まれていることが実験から判明した。今回、各ばねに非線形要素をとり入れモデル解析することによって、この高周波成分をうまくシミュレートすることができた。

(2). 計算結果と実験結果を比較すると、一般に計算値の方が大きくなっている。これ故、車両が動的な挙動をする場合には、単に静的な履歴による減衰以外にも、速度に依存する減衰も含まれており、両者並存の形でモデル化するとよいと考えられる。

参考文献

本州四国連絡橋の列車走行に関する研究
昭和47年度、昭和50年度、昭和51年度
昭和52年度中間報告、日本鉄道施設協会

加速度応答
ワラ積車(0.05g)



加速度応答
ホキ積車(0.10g)

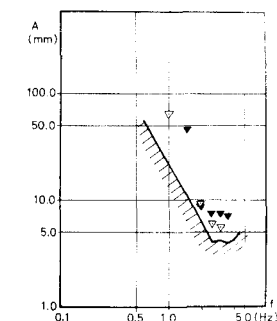
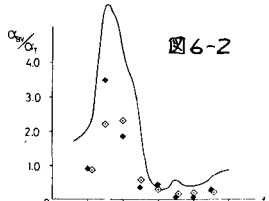
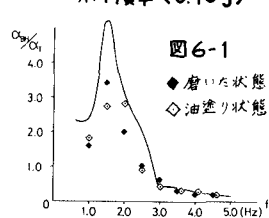


図 5-3
ワラ積車片輪浮上限界
▼ CASE 1 磨いた状態
▽ CASE 2 油塗リ状態

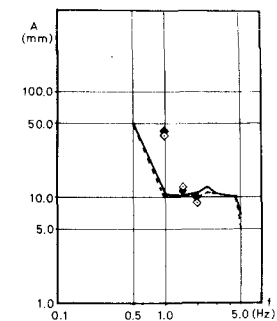


図 6-3
ホキ積車片輪浮上限界
● CASE 1 磨いた状態
◇ CASE 2 油塗リ状態