

埼玉大学	正員	○川上 英二
埼玉大学	正員	秋山 成典
埼玉大学	正員	田島 二郎

1. 序論

近年、わが国では本州四国連絡橋の建設に伴い、長大径間をもつ橋梁上を列車が通過する際の地震時または強風下の車両の走行安全性の問題が提起され、多くの検討が重ねられてきている。¹⁾²⁾ 本研究は1/10の縮尺をもつ二軸車両またはボギー車両が停止または走行状態にあり、軌道を水平方向に加振させた実験において、多く観察された不安全な現象の1つであるロッキング現象に特に注目し、この現象の挙動およびその発生条件を検討したものである。

2. 入力振動数による停止状態での車両の挙動の変化

振動台上に1/10の縮尺の長さ約1.5 mの軌道を敷設し、その上にワラ形1/10模型車両を停止状態とし(図-1参照)、振動台を車両長手方向に垂直な水平方向に正弦波振動させ、車体の変位応答を観察した。その際、入力振幅は零から徐々に増加させ、振動台の最大許容振幅に達した後、今度は逆に入力振幅が零になるまで徐々に減少させた。ただし、入力振動数 f は1.5 Hz ~ 5 Hzの間の10個とし、図-1に示すように、入力変位に対する車体重心位置での水平方向の相対変位 y_B^* および軌道上で測定した入力加速度波形 $\ddot{y}_R$ を記録した。

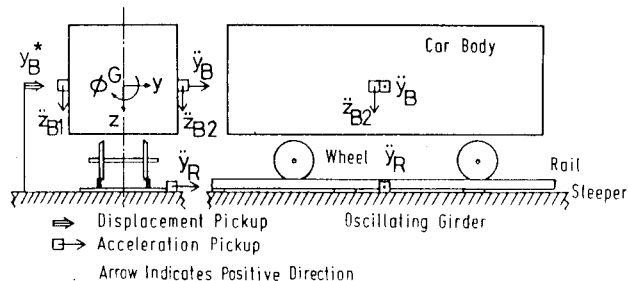


図-1 模型車両と測定箇所

図-2 (a)~(d) はそれぞれ各入力振動数 f における入力加速度振幅 $|\ddot{y}_R|$ (横軸)と車体重心での水平方向の相対変位応答振幅 $|y_B^*|$ (縦軸)との関係を示したものである。以降、簡略化のため、これら2つの値をそれぞれ入力、応答と呼ぶことにする。振動数 $f = 1.5$ Hz (図-2 (a)参照)においては入力 $|\ddot{y}_R|$ が約0.2g (約196 cm/s²)まででは車体の応答は入力の増大に伴いほぼ連続的に増加する。その際車輪の浮上は認められない。入力 $|\ddot{y}_R| \approx 0.2$ gでは片輪が浮上した直後に転覆が発生している。入力振動数 f が2.0 Hzの場合(図-2 (b))は、入力 $|\ddot{y}_R|$ が約0.16 gまでは下心ローリング状態であり、車輪の浮上は認められない。車体の応答は入力の増加に伴いほぼ線形的に増加していく事が認められる。そして入力 $|\ddot{y}_R| \approx 0.16$ gで急に車輪が浮上し、これ以降車輪が左右交互に浮上するロッキング状態に入る。ロッキング開始直後、一時期車体が非常に大きく振動することが認められるが、これ以降比較的定常なロッキング振動を継続する。さらに入力を増大すると、ロッキング振動の応答は漸次増加していく。次に、入力 $|\ddot{y}_R|$ を漸減させると、車体の応答はロッキング終了まではほぼ連続的に減少するが、入力が約0.06 gでロッキングが急に終了し、ローリング状態に転じる。その際、車体の応答は急激に減少する(約8 mmから約1 mmへと約1/8倍になる)。以上の結果より、ローリング状態とロッキング状態との間では飛び粘り現象(入力のわずかな違いに伴う応答の不連続的な変化)が認められること、また、それらの現象が生じる入力、つまり、ロッキング開始時と終了時の入力、が著しく異なり、前者は後者の2~3倍程度であることがわかる。入力振動数が2.25 Hzの場合(図-2 (c))も2.0 Hzの場合と同様にローリング、ロッキングの2状態間で飛び粘り現象が認められる。しかし、そのループの大きさは2.0 Hzの場合より小さくなっている。そして、入

力振動数が3.0 Hz以上になると、ローリング状態とロッキング状態との判別が困難となる。

3. 走行状態における車両のローリング、ロッキング挙動

横振動する直線軌道に模型車両を走行させ、走行状態がロッキング挙動に及ぼす影響を検討した。図-3にワラ形またはホキ形車両模型の、ロッキング開始時と終了時の入力加速度振幅を、走行速度の関数として示す。平均値を△▲で、平均値±標準偏差を○で表わしてある。(a)のワラ形車両のロッキング開始時(終了時)の入力加速度振幅は、停止状態または走行状態によらず約0.15g(約0.06g)であり、これらの値は走行速度にもあまり影響されない。ワラ、ホキ形車両とも走行のこれらの限界値への影響は±約5%以内であり、ロッキングの開始および終了時の入力加速度振幅の違い(約2~3倍)と比べ顕著ではないことが認められる。

4. 結論

停止または走行状態にある鉄道車両に、軌道から水平振動外力が作用した場合に生ずる、不安全な現象の1つである、車両のロッキング挙動およびその発生限界を模型実験により検討した。主な結論を以下に示す。

(1) 二軸・ボギー車両、または停止・走行状態何れにおいても、同一の外力に対しローリングとロッキング挙動との二種類の応答を示す場合があり、これらの挙動間では飛び切り現象が生じる。

(2) 軌道の入力加速度振幅を漸次増加させた場合に車両のロッキング挙動が開始する限界振幅は逆に振幅を減少させた場合に終了する限界振幅より大きく、入力振動数によっては2~3倍も異なる。

(3) ロッキング脱線に及ぼす走行の影響は顕著であるのに対し、ロッキングの発生条件に及ぼす車両の走行速度の影響は少なく、この発生条件は、2次元モデルで解析しても近似的には十分である。

あとがき 本州四国連絡橋の列車走行に関する研究委員会(委員長:八十島義之助教授)およびその走行分科会(主査:伊藤文人教授)の委員の方までご意見、ご助言を頂いた。深く感謝致します。

参考文献 1) 日本鉄道施設協会:本四連絡橋の列車走行に関する研究
昭和48年3月~昭和56年3月

2) 八十島・松本・西園:土木学会論文集, No.164, 1964.

3) 川上・田島・秋山:土木学会論文集(投稿中)

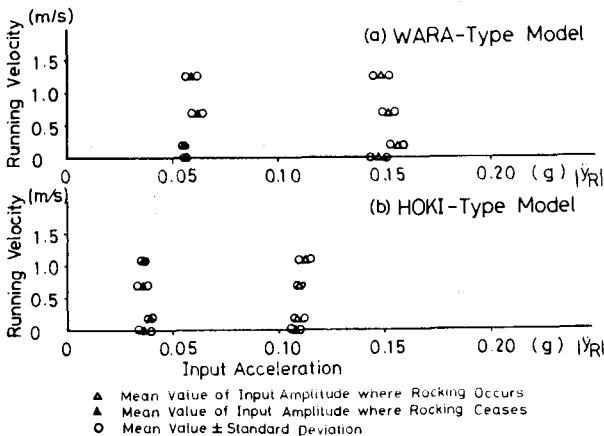


図-3 ロッキング振動が開始または終了する限界入力加速度振幅と走行速度との関係(入力振動数 $f = 2 \text{ Hz}$)

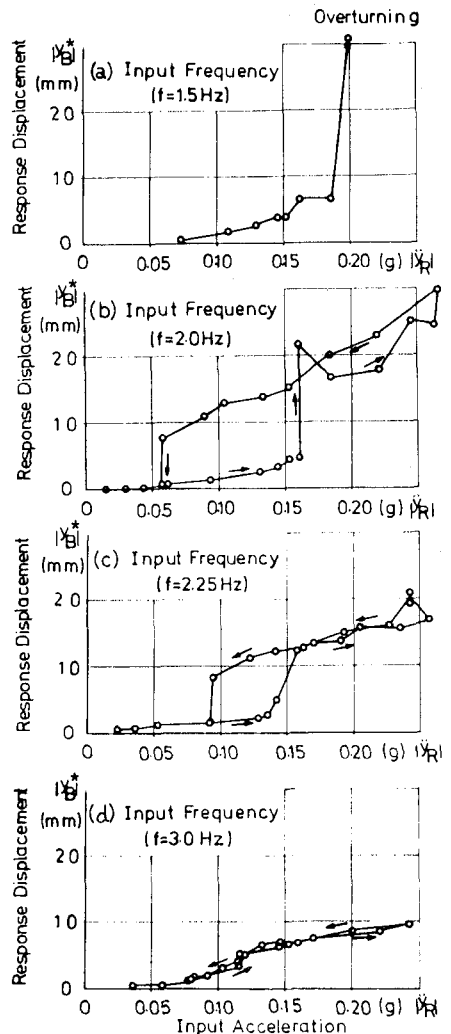


図-2 入力加速度振幅と応答変位との関係(ワラ形模型車両)