

東京都庁 正 ○ 馬越臨 央
 東京都立大学 正 長嶋文雄
 同上 正 伊藤文人

1. はじめに 鉄道車両が橋梁上を走行中に地震等の水平方向非常時荷重が作用したときの走行安全性に対して、本線レール内側に85 mmの間隔をもって施設される脱線防止ガードがどのような効果を及ぼすかは興味深い問題である(現行の照査法ではガードの効果を加味せず、ガードが無くても安全性が確保されるように考えられている)。本報告は連続正弦波を軌道に入力したときの2軸貨車半車体モデルの動的シミュレーションを行い、脱線防止ガードの有無によって走行安全性がどのように変化するのかを検討したものである。

2. シミュレーションモデル

(a) 軌道モデル

軌道と車輪の横断面実寸大模型により計測した輪軸重心と軌道中心の相対変位に対する輪軸の回転角 ϕ^* を既知量としてあらかじめ与え、図-1に示すような軌道横断面形状を有する軌道モデルを用いた。また本線レールと脱線防止ガードに対してそれぞれ図-2(a),(b)に示すばね特性を有する小振りばねを配置した。

すなわち、本線レールに対しては下式を満足する場合は復元力を一定 (F^*) と仮定する。

$$U_F = \frac{Q \cos \theta - P \sin \theta}{\mu(Q \sin \theta + P \cos \theta)} > 1.0 \quad (1)$$

$$S_F = \frac{P \sin \theta - Q \cos \theta}{\mu(P \cos \theta + Q \sin \theta)} < -1.0 \quad (2)$$

ここで Q :横圧、 P :輪重、 θ :フランジ角、 μ :摩擦係数であり、脱線係数を求める時に用いられる式と等しいものである。

(b) 車輪モデル

図-3及び表-1に示すような2軸貨車半車体モデル(リンク特性、担ばね特性は文献を参照)を用いた。車輪のロッキング動かし輪摩上に伴い、車輪とレール間に衝突が生じ、エネルギー損失を起す。このため衝突時間を図-4に示す方法で補間して求め、衝突後の角速度 $\dot{\phi}_{w(t_1)}$ を反撥係数 e と、衝突前角速度 $\dot{\phi}_{w(t_0)}$ を用いて次式で求め

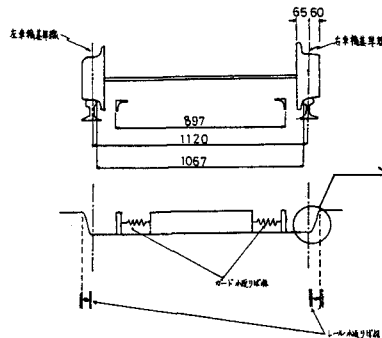


図-1(a) 軌道モデル

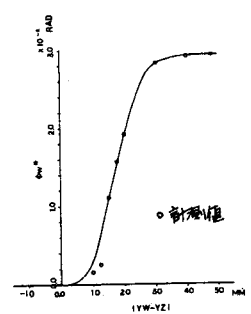
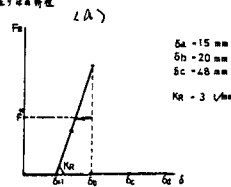


図-1(b) 軌道形状

レールばね特性



ガードレールばね特性

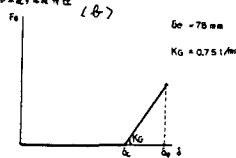


図-2 レールばね特性

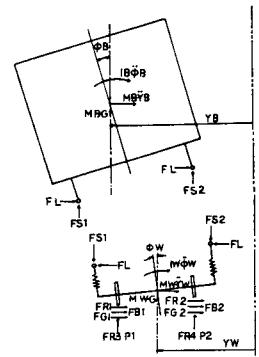


図-3 2軸貨車半車体モデル

MB	1.122	ts/m
IB	1.6	ts/m
MW	0.1122	ts/m
IW	0.065	ts/m
Rw	0.45	m
Bw	0.56	m
BSO	0.965	m
HB	1.481	m
HS	0.769	m
KS	1.110	t/m

表-1. 2軸貨車半車体モデル諸元

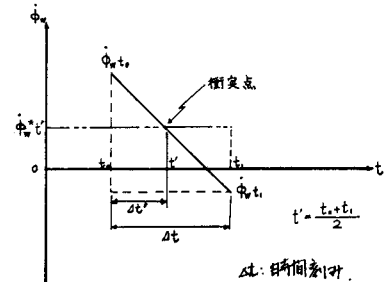


図-4 衝突時間補間. $\Delta t = \frac{\dot{\phi}_{w(t_1)} - \dot{\phi}_{w(t_0)}}{\dot{\phi}_{w(t_1)} - \dot{\phi}_{w(t_0)}} \Delta t$

た ($\varepsilon = 5/9$ とした)。

$$\phi_{W(a)} = \varepsilon \phi_{W(a)} \quad (3)$$

3. 解析手法

前述の2軸質量半車体モデルが摩擦力を介して載っている軌道モデルを横方向に連続的に正弦波加振したときの運動状態を調らべ、次の点により走行安全性の照査を行なった(断面割りは入力波周期の1/400、演算は入力波の5周期をもって打ち切った)。

- i) 軌道中心から1.9 mの建築限界を車体変位が越す場合。
- ii) 反対側車輪フランジガードを破損越して脱線する場合。
- iii) ガードを破損なくガードに接触後30 mm以上変位した場合、に危険状態が生じたと判定することとした。

4. シミュレーション解析結果

シミュレーション結果を図-5に例示する。(A)はガードの効果により、安全走行と判定された例であり、(B)はガードレールを取り付けない場合で脱線が生じている。

危険状態の形態として上記3種全てで現れた。図-6は横軸に入力波の周波数、縦軸に振幅をとり、シミュレーション結果(ガードの有る場合)をプロットしたものである。ii)は主に低周波域で、また iii)は比較的広周波域で生じている。

車軸加振型(遊間を考慮しないモデル)の従来の安全限界線(図-6中破線)に比べて限界が高くなる傾向にあるが、これは遊間の効果はその大部分を占め、ガードの効果は安全限界線図上では明確に現れない。しかし、脱線に至るまでの断間をガードのある場合(T_{guard})とない場合(T_{noguard})を比較すると、結果的には脱線であっても脱線防止ガードは脱線を遅らせる作用をしており、最大振幅の継続時間が短い場合にはその効果が期待できる(図-7参照)。

5. おわりに

以上の検討は摩擦型モデルによるものであったが、今後グリーフの影響を考慮したモデルについても調べてみたい。また、車輪の回転により滑り上る現象を表現できるような数学モデルの検討も必要であると思われる。[参考文献] 1) 松井哲: 二軸質量半車体脱線に関する研究, 国鉄技術報告 1991-6

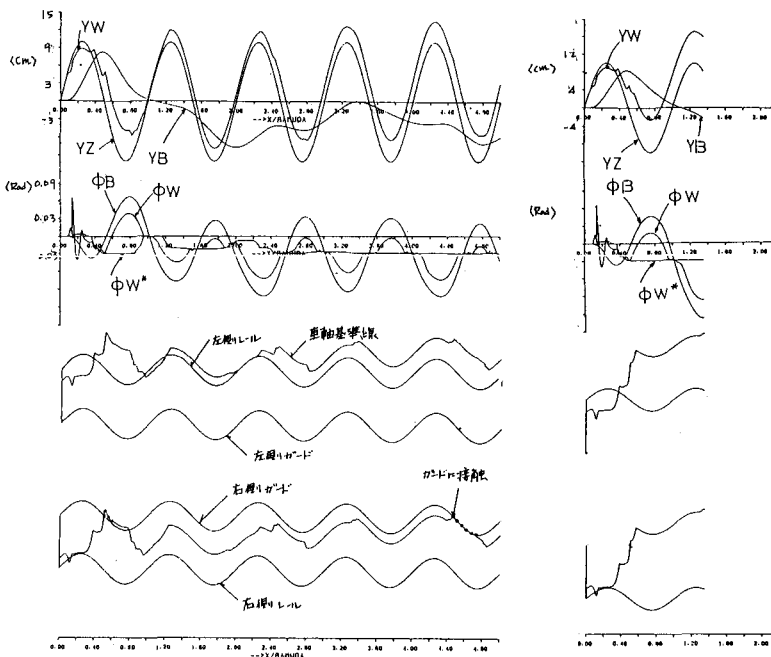


図-5 (A) シミュレーション結果 [安全走行] ガードあり。図-5 (B) [脱線] ガードレール無し。
入力波 1.4 Hz, 100 mm, $\mu = 0.025$

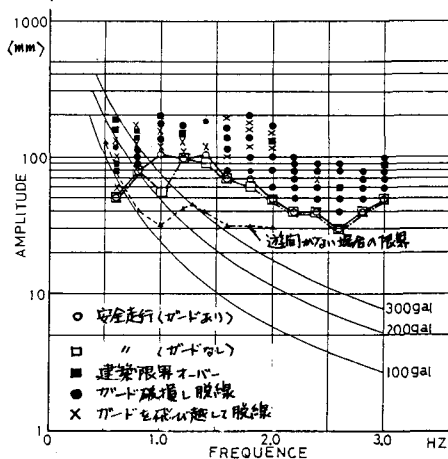


図-6 走行安全限界図 ($\mu = 0.025$)

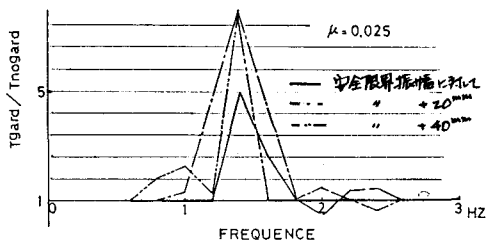


図-7 脱線に至るまでの時間の比較