



地震の振動特徴を考慮した鉄道車両の実験的研究

高田一¹⁾、佐藤康頼²⁾、松浦慶総³⁾

1) 正会員 横浜国立大学大学院工学研究院、教授 工博

e-mail : takada@ynu.ac.jp

2) 非会員 東日本旅客鉄道株式会社

3) 非会員 横浜国立大学大学院工学研究院、特別研究教員

e-mail : yoshim@ynu.ac.jp

要約

本研究では、車両の1/10模型の停止時あるいは走行時に正弦波加振し、脱線させ、脱線挙動、およびそのメカニズムについて解析を行った。さらに地震波形の振動特徴が違うことを考慮し、十勝沖地震、新潟県中越地震、能登半島地震、新潟県中越沖地震、岩手・宮城内陸地震の地震波形を用いて、各地震波形の周波数特性の解析、および脱線挙動、脱線限界について検討した。その結果、走行中の方が停止中に比べて脱線確率が高く、また地震波加振の方が正弦波加振より脱線限界値が低いことが分かった。さらに地震波の周波数特性により、共振状態に近いと脱線限界値が走行中の方がばらつき、遠いと停止中の方がばらつくことが分かった。

キーワード： 地震、車両振動、鉄道車両、脱線

1. 緒言

最大震度7を記録した新潟県中越地震によって、上越新幹線で新幹線史上初の脱線事故が発生した。さらに地震による脱線に対する安全策が急がれるなか、岩手・宮城内陸地震が発生し、2011年には日本観測史上最大のM9.0を記録した東北地方太平洋沖地震が発生した。この時は、東北新幹線は脱線から逃れたが、今後発生すると考えられている東海地震や首都直下型地震の際には、新幹線や通勤電車が脱線し多大なる被害をもたらされると想定されている。地震による脱線に対する安全策、そして将来的には脱線防止策が求められており、脱線がどういう過程で発生し、脱線後はどういう挙動をするかに関する研究が近年行われている。

従来では、数値シミュレーションと模型実験による研究によって地震による脱線挙動^{(1)~(6)}が調べられてきた。近年の数値シミュレーションでは、2次元平面上の車両・軌道モデルによる挙動シミュレーションが開発されており、大変位により車輪がレールから飛び上がる状態の挙動解析が可能となっている^{(7)~(9)}。また、実験による解析も行われており、実物の新幹線台車と半車体モデルを用いた実物大モデルや^{(1)、(10)}、1/5、1/10スケールモデルが用いられていた^{(2)~(5)}。さらに地震時に脱線して車両が線路から逸脱するのを防ぐ装置の効果についての実台車、模型実験も行われている^{(6)~(10)}。また、すべての従来研究の入力条件は正弦波か想定東海地震時の高架橋応答波であり、脱線挙動やそのメカニズム、脱線限界について検討をしている^{(1)~(10)}。

これらの結果として、脱線形態は実物換算で1.4Hz以上の高周波域では滑り上がり脱線が見られるが、1.4Hz以下の周波数域ではロッキング脱線が主体となっていること、地震動のうち上下成分より左右成分の影響が大きいこと、脱線限界振幅は速度増加に伴って低下するが約50km/h以上では下げ止まる傾向があること、などが報告されている^{(2)～(6)}。

ただし、レールと車輪の接触点に作用する接触力（粘着力や摩擦力）の再現性が脱線挙動に大きな影響を及ぼすため、数値シミュレーションや模型による加振実験では、接触力のモデル化や相似性が充分でない可能性がある。接触力の再現性を評価するには力学的な考察だけでなく、統計的な考察も必要であるが、現状ではあまり行われていない。また、加振条件は正弦波と想定東海地震時の高架橋応答波しか行われておらず、地震波の低周波数域による過大变位の危険性のみが着目されてきた。その結果、鉄道車両の第1次モードである下心ローリングによって発生するロッキング脱線が主とされ、地震波の高周波域に関してはあまり重要視されてこなかった。しかし、近年、阪神以降、中越、東北地方太平洋沖地震などで起きたような震度7クラスの大地震が発生しており、また1000Galを超える加速度も観測されていることから、地震波の高周波数域についても研究を拓げる必要性が生じてきている。

そこで本研究では、従来の研究で行われていない実際の地震波形を加振条件とし、模型により停止時および走行時に加振し脱線させ、脱線挙動、およびそのメカニズムについて解析を行う。さらに地震波形の振動特徴が違うことが考えられるので、今回は十勝沖地震、新潟県中越地震、能登半島地震、新潟県中越沖地震、岩手・宮城内陸地震の地震波形を用いて、各地震波形の周波数特性の解析、および脱線挙動、脱線限界、脱線確率について検討することを目的とした。

2. 使用した鉄道模型

本研究では、不規則波加振装置上で鉄道模型による走行実験を行うために、加振テーブルに軌道を設置する必要があった。しかし、軌道の自主製作が困難であったため、今回は5インチ鉄道模型用の軌道を用いることとした。使用した鉄道模型の詳細、および諸元について記載をする。

2.1 台車

台車は日本で使用されている2軸ボギー台車を参考にして、軌間が5インチ（127mm）の鉄道模型用線路（小川精機株式会社製、線路素材：鋼）で走行可能なように製作した。この台車は図1に示すように軸ばねにはオイルクッションを使用し、下心・上心ローリングの両方が再現できるように工夫している。また5インチモデルの軌道を使用している関係より、軌間の縮尺は標準軌と狭軌の中間値に対して0.10倍である。そこで幾何学的相似則が満たされるように質量は1/1000（ $=1/10^3$ ）とした。

2.2 車体

車体は西武鉄道10000系ニューレッドアローを参考にして製作された模型を使用し、台車と同様に幾何学的相似則が満たされるように車体幅を実車の1/10の300mmとしている。また加振テーブル上に軌道を設置した関係から走行距離が短くなったために、台車を通常の2台から1台に変更し、同時に車体長さを台車長さと同じ320mmとした。また質量も幾何学的相似則を満たすように設計した。

2.3 台車と車体の支持

ボルスタレス式空気ばね台車を再現するため、図2に示すように空気ばねを模擬した軟式テニスボールを使用している。また実験車両では車体を1つの台車で支持しているため、心棒を設けてテフロン付きパッドとアングルで支持し、ローリング振動が再現できるように工夫した。この心棒に付加質量を設置し、振動モードが下心・上心ローリングの両方が再現できるように調整した。

表1 車両および台車モデル諸元

車両諸元		台車諸元	
全長	320 mm	台車形式	2軸ボギー台車
全幅	300 mm	車体支持方式	空気ばねZリンクボルスタレス方
全高	450 mm	軸箱支持方式	円筒案内式
全重量	17 kg (輪軸1.5 kg×2、台車枠4.5 kg、支持部1.0 kg、車体8.5 kg)	軌間	127 mm (5 インチ)
重心高さ	160 mm (レール踏面より)	軸距離	220 mm
		車輪径	86 mm
			円錐踏面 (1/20)
		空気ばね定数	4.90 kN/m (500 kgf/m)
		軸ばね定数	1.64 kN/m (167 kgf/m)



図1 台車モデル

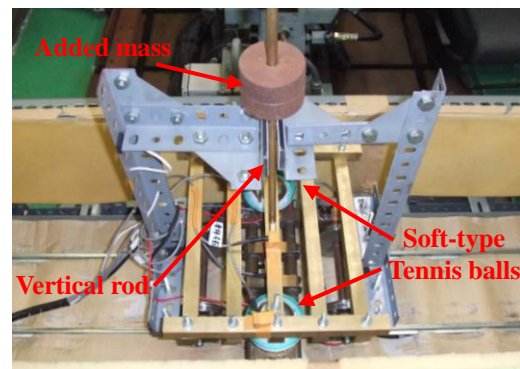


図2 台車・構体モデルとサポート部品

2.4 力学的相似則

既に実証されているπナンバー⁽²⁾を用いて、使用した模型と実車の時間比、速度比、加速度比の関係を求めると次のようになった。

$$V_j = \frac{V_m}{V^*} \quad (1)$$

$$a_j = \frac{a_m}{a^*} \quad (2)$$

$$t_j = f^* t_m \quad (3)$$

ここで、 t は時間、 V は速度、 a は加速度で、添字 j は実車、添字 m は模型を意味する。また、無次元数の関係は次の通りである。

$$L = \frac{L_m}{L_j} \quad (4)$$

$$f^* = \frac{f_m}{f_j} \quad (5)$$

$$a^* = L(f^*)^2 \quad (6)$$

$$V^* = L f^* \quad (7)$$

ここで L は幾何学的長さである。本研究で使用した鉄道模型では $L^*=0.1$ で、第2次固有振動数は模型が

7Hz、実車が1.2Hzであることから、 $f^*=5.8$ となった。以上より、模型から実車への換算比は有効数字を考慮して、時間が5.8倍、速度が1.5倍、加速度が0.25倍となった。

3. 実験装置

使用した振動台は、振動台寸法が800 mm×800 mm、最大積載質量が80 kg、最大加振振幅が50 mm、最大加振振動数が30 Hzで、1軸方向の規則波・不規則波加振ができ、地震波加振では気象庁提供の地震波データを使用した。この振動台上に軌間が5インチ（127mm）の線路をアングルでボルト締めし、レールに対して水平垂直1方向に加振できるようにした。加振変位はレーザー変位計、加振加速度および模型の加速度は加速度センサ、模型の走行速度は通過センサ、加振時の車体と台車の相対変位は高速度カメラで撮影した映像をモーションキャプチャシステムで解析をし、それぞれ測定した。

実験軌道は全長2550 mmの直線で、走行方向に対して垂直方向に加振する（図3）。また実験車両を定速走行させるための装置を製作した（図4）。スロープ軌道上部からおもり車両を走行させ、おもり車両とワイヤーで連結した実験軌道上のガイド車両が実験車両に初速を与えることができる。



図3 実験軌道

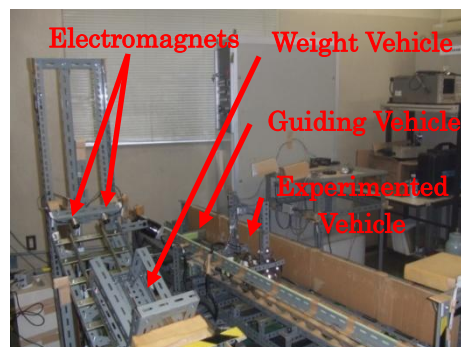


図4 実験装置

4. 実験

4.1 正弦波加振時脱線実験

模型の停止状態と走行状態で正弦波加振をし、限界加振加速度、限界横圧方向加速度、脱線するまでの加振時間長さを測定し、「飛び上がり脱線」のメカニズムを考察した。なお、横圧とは車輪からレールに対して水平垂直にかかる圧力のこととし、横圧方向とはレールに対して水平垂直方向のこととする。

4.2 地震波加振時脱線実験

今回の実験では車輪とレールとの接触状態の変化と脱線の関係进行调查するため、停止状態と走行状態の比較、また速度の影響を考慮するため、模型を停止（0km/h）、走行（実車換算：3km/h、6km/h、9km/h）させた状態で加振実験を行った。なお、実験装置のレール長さの制約上、低速の3条件を設定した。加振条件は、相似則に基づいて地震波の加速度の倍率を加工した十勝沖地震（発生：平成15年9月26日、観測点：浦河町潮見、方向：東西）、新潟県中越地震（発生：平成16年10月23日、観測点：川口町川口、方向：東西）、能登半島地震（発生：平成19年3月25日、観測点：輪島市鳳至町、方向：南北）、新潟県中越沖地震（発生：平成19年7月16日、観測点：出雲崎町米田、方向：南北）、及び岩手・宮城内陸地震（発生：平成20年6月14日、観測点：栗原市栗駒、方向：東西）とした。また、それぞれの条件下では10回ずつ実験を行って脱線確率を求めた。

5. 実験結果および考察

5.1 正弦波加振時脱線実験の結果および考察

5.1.1 停止時の脱線実験

模型を停止させた状態で第2次固有振動数である7.0Hzおよび近傍の6.5Hzと7.5Hzで加振を開始し、脱線するまで加振を続けた。脱線0.5秒前の加振加速度および横圧方向加速度を図5に示す。なお、グラフ上の右端時点で脱線が起こっており、その時間が加振開始からの脱線時間を表す。スパイク状の加速度はレールへのフランジ衝突が原因と考えられる。加振振動数6.5Hzおよび7.5Hzでも同様の結果が得られた。

5.1.2 走行時の脱線実験

模型を走行させた状態で停止時と同様に行ったものを図6に示す。走行速度の実測は2.4km/hであった。停止時と同様、スパイク状の加速度が観測された。やはり、レールへのフランジ衝突が原因と考えられる。加振振動数6.5Hzおよび7.5Hzでも同様の結果が得られた。

5.1.3 停止時脱線と走行時脱線の比較

以下、物理量は全て実車相当に換算して考察を行った。力学的相似則より、模型の加振振動数が6.5Hz、7.0Hz、7.5Hzのとき、実車相当の加振振動数はそれぞれ1.9Hz、2.0Hz、2.1Hzとなる。また加振加速度は加速度比が1であるため模型の値は実車相当となる。それぞれの条件下で6回ずつ実験を行った。

停止時と走行時の加振加速度の限界を比較したものを図7に示す。ここで走行時の速度は実測2.4km/hであったため、実車相当では7.2km/hとなる。また加速度に関しては相似則で1:1の関係であるので、実験データが実車相当になる。これより、走行速度7.2km/hまでは停止時と走行時で加振加速度の限界には差がないことが分かった。同様に、停止時と走行時の横圧方向加速度の限界を比較したものを図8に示す。これより、走行速度7.2km/hまでは停止時と走行時で横圧方向加速度の限界にも差がないことが分かった。停止時と走行時の脱線するまでの加振時間を比較したものを図9に示す。t検定を行った結果、全ての加振振動数において停止時と走行時では脱線するまでの加振時間に有意水準5%で有意差があるという結果となった。

限界までの加振時間は、短ければ短いほど地震が発生したときに限界に達する危険性が高いことを示すため、走行時の方が停止時に比べ、より脱線する危険性があるということが分かる。

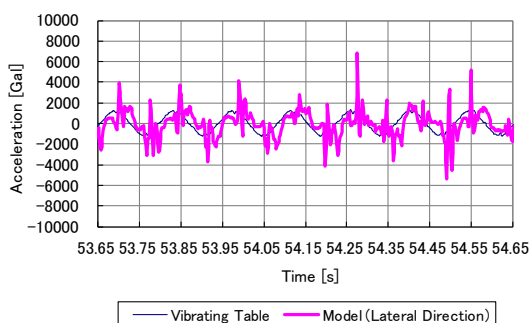


図5 振動台の加振加速度および台車モデルの横圧方向加速度（停止時：7Hz）

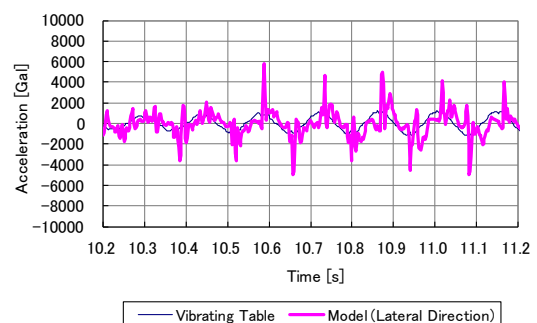


図6 振動台の加振加速度および台車モデルの横圧方向加速度（走行時：7Hz）

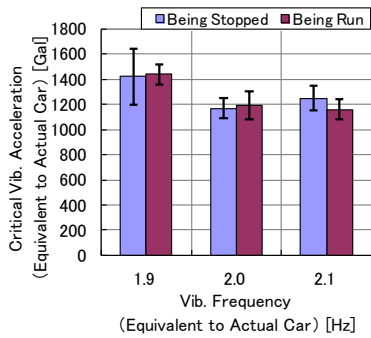


図7 停止時と走行時の加振加速度限界の比較

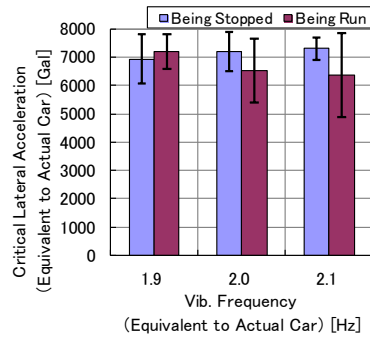


図8 停止時と走行時の横圧方向加速度限界の比較

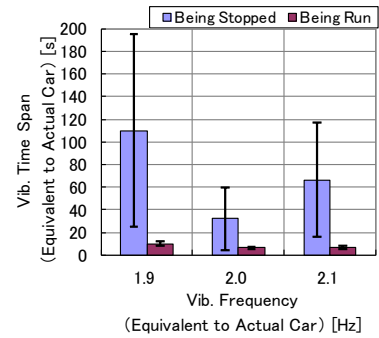


図9 停止時と走行時の脱線するまでの加振時間の比較

5. 2 地震波加振時脱線実験の結果および考察

各地震波による脱線実験の結果を図10～図14に示す。ここで、グラフ中の加振倍率（Input Ratio）とは実際の地震波の観測点（地上）の加速度の何倍かを表し、脱線確率（Derailment Probability）とは10回の試行実験中の脱線した確率を表す。

この結果から、全ての地震波加振実験で加振倍率を上げるほど脱線確率が高くなり、また走行中の方が停止中に比べ脱線する危険性が高いことが示された。

さらに、十勝沖地震の地震波では、加振倍率が3.4倍で停止中が20%に対して、実車換算6km/h及び9km/hでそれぞれ80%、70%と脱線確率が大きくなった。また新潟県中越地震では加振倍率が1.9倍で停止中が20%に対して、実車換算3km/h及び6km/hでそれぞれ60%、80%と脱線確率が大きくなった。

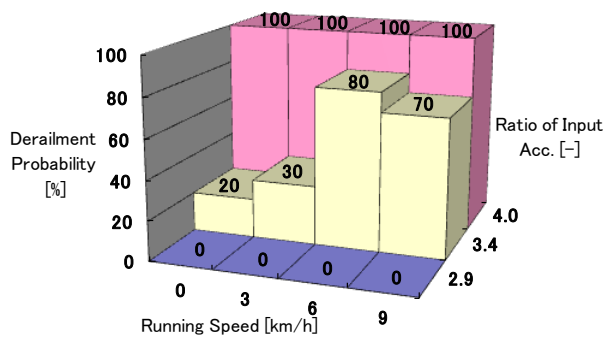


図10 脱線確率マップ（十勝沖）

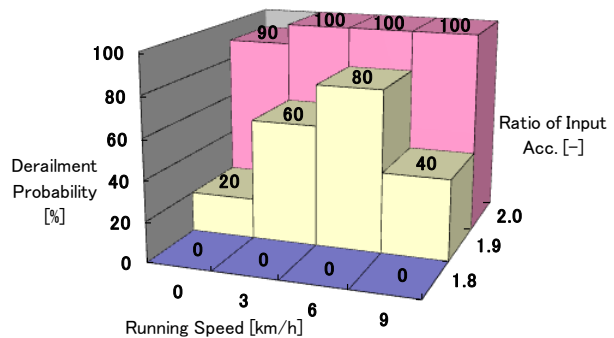


図11 脱線確率マップ（新潟県中越）

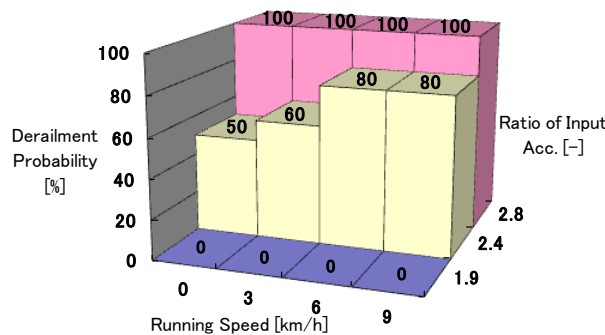


図12 脱線確率マップ（能登半島）

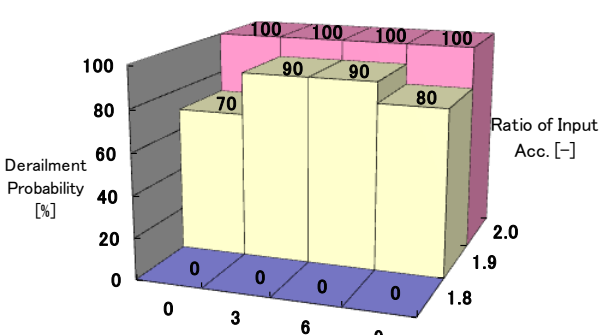


図13 脱線確率マップ（新潟県中越沖）

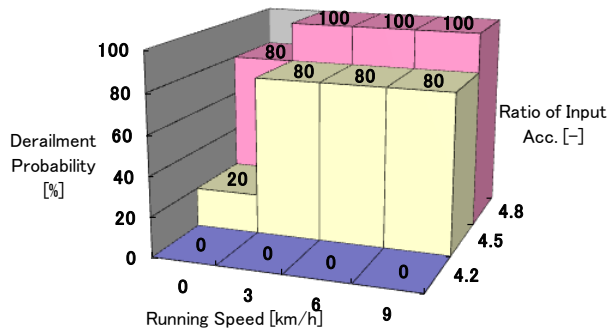


図14 脱線確率マップ (岩手・宮城内陸)

5.3 脱線限界の帯域幅に関する考察

地震波は不規則波であるため、正弦波加振実験と同様な比較手法は使えない。そこでまず不規則波を統計的に評価する指標として、加速度の実効値 (rms) を算出することとした。実効値の算出方法は、加振開始時刻を T_1 、脱線時刻を T_2 とすると(8)式である。

次に振動数の評価を考案した。地震には一般に短周期地震と長周期地震があるが、地震波のパワースペクトルから統計的に評価する指標として、実効振動数を算出することとした。実効振動数の算出方法は、重心振動数を \bar{v} 、最大のパワーを持つ振動数を v_{\max} とすると(9)式である。正弦波加振実験と地震波加振実験の脱線限界の比較するため、それぞれの限界実効加速度を算出して評価した。正弦波加振実験は(10)式、地震波加振実験は(11)式となる。ただし、 $a_{\text{amplitude}}$ は加速度振幅を、 $a_{\text{rms}}^{\text{input}}$ は入力加速度の実効値を表す。

$$a_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} [a(t)]^2 dt} \quad (8)$$

$$v_{\text{eff}} = \frac{\bar{v} + v_{\max}}{2} \quad (9)$$

$$a_{\text{eff}} = \frac{a_{\text{amplitude}}}{\sqrt{2}} \quad (10)$$

$$a_{\text{eff}} = a_{\text{rms}}^{\text{input}} \quad (11)$$

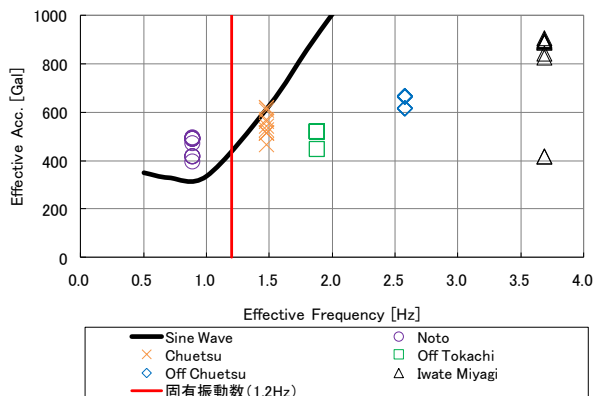


図15 脱線限界曲線 (0km/h)

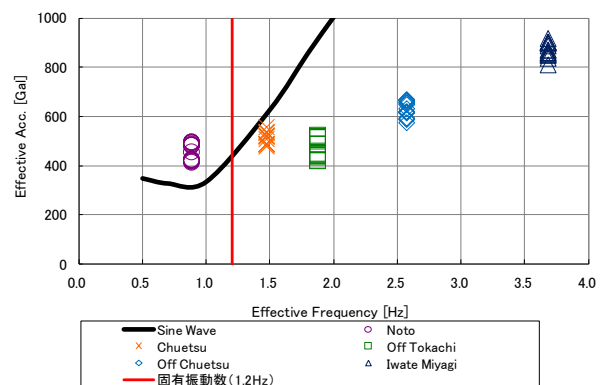


図16 脱線限界曲線 (3km/h)

正弦波加振実験と地震波加振実験の限界実効加速度を比較したものを図15（速度：0km/h）および図16（速度：3km/h）に示す。なお、グラフには各地震波加振実験で行った10回のデータを掲載した。残りの条件6km/hと9km/hに関しては3km/hと同様になった。これらより、地震波加振の方が正弦波加振に比べて脱線限界が低い。脱線限界が低くなる要因としては、高速度カメラの映像によるレールと車輪の挙動を観察した結果、地震波加振の場合にレールに対してフランジの変異に時間遅れが生じており、入力波の不規則性が位相遅れを助長させることが考えられる。また走行速度間での脱線限界の差異は存在しなかった。ただし、今回は低速域しか行っていないため高速域では差異が存在する可能性も考えられる。

5. 4 限界実効加速度の変動係数による比較

限界実効加速度について、地震波によって停止中の方がばらつく場合と走行中の方がばらつく場合に分類できると仮定した。そこで限界実効加速度のばらつきを統計的に評価する指標として、「変動係数CV（Coefficient of variation）」を算出して比較することとした。本実験では、各地震波で脱線した全ての加速度データから実効値を求め、これらを標本とした場合の標本平均と標本標準偏差を算出し、標準偏差を平均値で正規化した（図17、19、21、23、25）。また、相似則に基づき換算済みの模型共振曲線と、各入力地震波のスペクトルを比較したグラフを同時に示す（図18、20、22、24、26）。ここでLateral（横圧）は台車の横圧方向、Longitudinal（輪重）は台車の輪重方向、Horizontal（車体左右）は車体の左右方向、Vertical（車体鉛直）は車体の鉛直方向を表す。

この結果から、十勝沖地震、新潟県中越沖地震、能登半島地震では、走行中の方が変動係数が高い傾向となった。車両の共振状態と近い地震波の場合は、走行中の方が限界値がばらつくと考えられる。新潟県中越地震、岩手・宮城内陸地震では、共振状態が遠いため、停止中の方が限界値がばらつく傾向となった。この要因として、線路と車輪踏面間の摩擦係数の変動が考えられる。停止中の脱線は、静止摩擦係数が大きく変動し、最大静止摩擦に達した時点で車輪が線路上を横に滑り、フランジ反力によって左右の車輪が交互に上昇、車輪上昇量が限界を超えたときに発生すると考えられる。一方、走行中の脱線は動摩擦係数の変動はあまり大きくなく、常に車輪が線路上を横に滑っており、フランジ反力による車輪上昇の頻度が高くなり、車輪上昇量が限界を超える確率が高い傾向にあると考えられる。

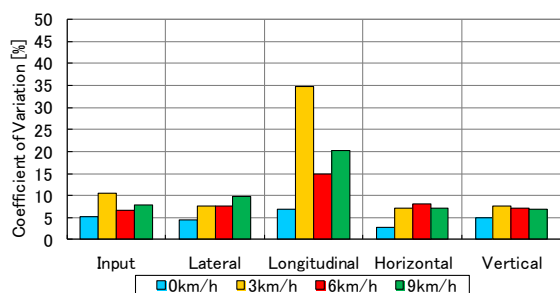


図17 限界実効加速度の変動係数（十勝沖）

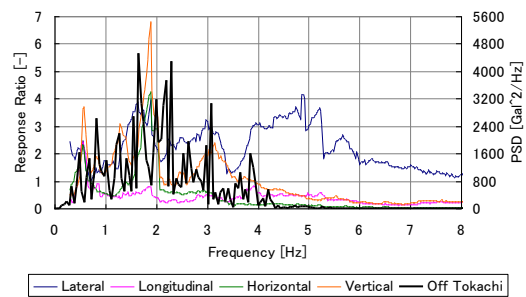


図18 模型共振曲線と地震波スペクトル（十勝沖）

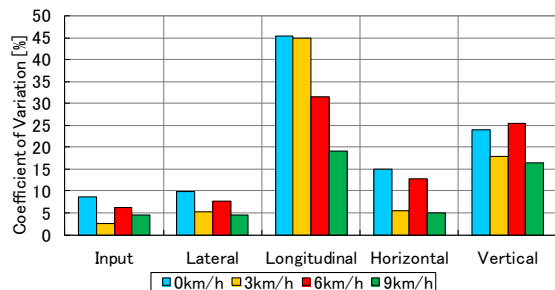


図19 限界実効加速度の変動係数（新潟県中越）

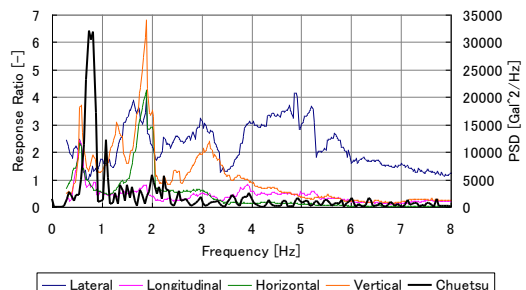


図20 模型共振曲線と地震波スペクトル（新潟県中越）

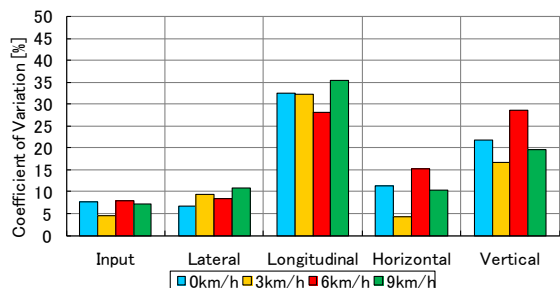


図21 限界実効加速度の変動係数 (能登半島)

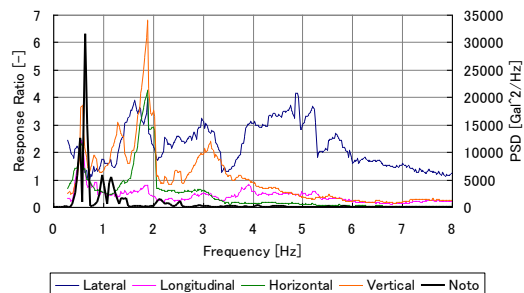


図22 模型共振曲線と地震波スペクトル(能登半島)

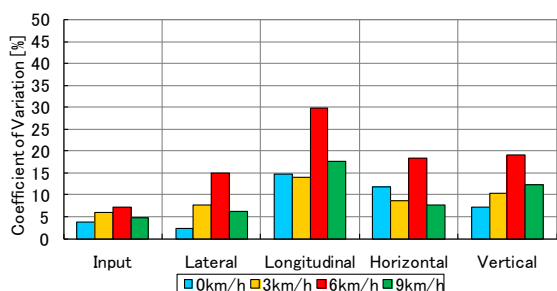


図23 限界実効加速度の変動係数 (新潟県中越沖)

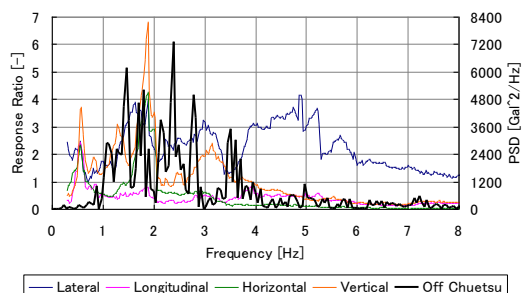


図24 模型共振曲線と地震波スペクトル (新潟県中越沖)

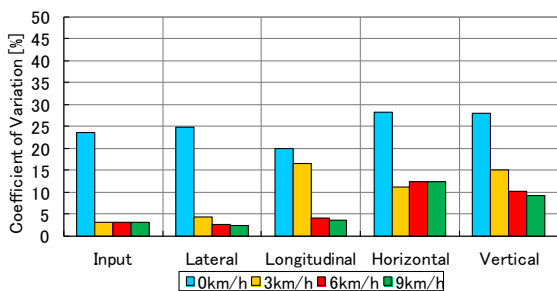


図25 限界実効加速度の変動係数 (岩手・宮城内陸)

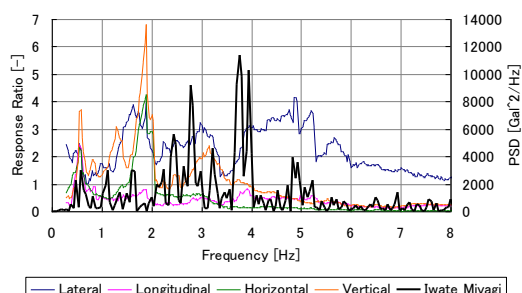


図26 模型共振曲線と地震波スペクトル (岩手・宮城内陸)

5.5 車体の台車枠に対する相対速度限界および相対変位限界

脱線を支配しているのは車体の運動であり、車体の台車枠に対する相対変位及び相対速度が限界を超えたとき、脱線をすると考えられる。そこで、各条件下（入力地震波5条件、走行速度4条件）における、車体の台車枠に対する限界相対変位及び限界相対速度を解析した（表2）。なお、限界相対変位、限界相対速度、走行速度は相似則に基づき実車換算済みである。これらより、本研究で対象とした地震波による加振実験結果として、車体の台車枠に対する相対変位が60mm、相対速度が0.7m/sを超えたとき脱線をすると考えられる。

表2 限界相対変位及び限界相対速度

地震名	限界相対 変位 [mm]	限界相対 速度 [m/s]	限界相対 変位 [mm]	限界相対 速度 [m/s]	限界相対 変位 [mm]	限界相対 速度 [m/s]	限界相対 変位 [mm]	限界相対 速度 [m/s]
車体速度	0km/h		3km/h		6km/h		9km/h	
能登半島	120	1.9	120	0.8	130	0.8	120	0.7
新潟県中越	60	1.0	90	0.7	60	1.0	90	1.1
十勝沖	90	1.7	70	1.3	70	0.7	60	1.2
新潟県中越沖	60	2.0	90	1.6	80	1.6	80	1.5
岩手・宮城内陸	170	1.6	170	1.1	170	1.0	170	1.1

6. 結言

本研究より、鉄道車両の地震時挙動について、以下の結論を得た。

- 1) 走行中の方が停止中に比べて、脱線する確率が高い。
- 2) 地震波加振の方が正弦波加振に比べて、脱線限界が低い。
- 3) 脱線の限界値は、共振状態と近い場合は走行中の方がばらつき、遠い場合は停止中の方がばらつき。
- 4) 車体の台車枠に対する相対変位及び相対速度が、限界を超えたとき脱線する。

謝 辞

本研究を行うに際し、終始ご指導を賜った東京大学柴田碧名誉教授、また、本研究で使用した台車を製作していただいた横浜国立大学卒業生藍原亮一氏に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 宮本岳史、松本信之、曾我部正道、下村隆行、西山幸夫、松尾雅樹：正弦波大変位振幅の実台車加振実験、日本機械学会第10回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集、No.03-51、2003年、pp.433-436。
- 2) 櫛島靖彦、宮本昌幸、新美元康、前田裕介：鉄道車両の地震に対する走行安全性の実験的研究、日本機械学会第10回交通・物流部門大会論文集、No.01-36、2001年、pp.359-362。
- 3) 中村行秀、櫛島靖彦、宮本昌幸、嶋田譲治、立石雄：鉄道車両の地震に対する走行安全性（機構解析言語による解析および模型実験）、日本機械学会第11回交通・物流部門大会論文集、No.02-50、2002年、pp.331-334。
- 4) 西村和彦、曄道佳明、森村勉、深田淳司：振動軌条輪における模型鉄道車両の走行安全性に関する実験的研究、日本機械学会論文集（C編）、75巻749号、2009年、pp.58-65。
- 5) 西村和彦、曄道佳明、森村勉、深田淳司：回転軌条輪上での大変位加振時の脱線メカニズム（軌条輪上での1/10模型加振実験）、日本機械学会第16回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集、No.09-65、2009年、pp.487-490。
- 6) 森村勉、足立昌仁、石川栄、深田淳司、曄道佳明：地震時の脱線メカニズムと脱線防止ガード機能に関する研究（1/5模型加振試験）、日本機械学会論文集（C編）、76巻770号、2010年、pp.102-109。
- 7) 西村和彦、曄道佳明、森村勉、曾我部潔：振動軌道上における高速鉄道車両の走行安全性に関する解析的研究、日本機械学会論文集（C編）、75巻753号、2009年、pp.90-96。
- 8) 西村和彦、曄道佳明、森村勉、曾我部潔：振動軌道上における高速鉄道車両の走行安全性に関する解析的研究（輪軸ヨーイングを考慮するモデルでの検討）、日本機械学会論文集（C編）、74巻744号、2008年、pp.93-100。
- 9) 宮本岳史、石田弘明、松尾雅樹：地震時の鉄道車両の挙動解析（上下、左右に振動する軌道上の車両運動シミュレーション）、日本機械学会論文集（C編）、64巻626号、1998年、pp.236-243。
- 10) 角南浩靖、森村勉、石川栄、足立昌仁、坂上啓、南善徳、渡邊康人、曾田祥信：脱線時の車両の逸脱防止に関する実台車走行試験、日本機械学会論文集（C編）、76巻770号、2010年、pp.110-119。

(受理 : 2013年 2月 1日)
(掲載決定 : 2013年 8月23日)

Experimental Study on the Seismic Behavior of Railway Vehicle in Consideration of a Vibration Characteristic of the Earthquake

TAKADA Hajime ¹⁾, SATO Yasuyori ²⁾, and MATSUURA Yoshifusa ³⁾

1) Member, Professor, Yokohama National University, Dept. of Mechanical Engineering, Dr. Eng.

2) Japan Railway East

3) Associate Researcher, Yokohama National University, Dept. of Mechanical Engineering

ABSTRACT

The seismic behavior of railway vehicle was investigated to consider the mechanism of derailment by an earthquake. A scale of 1 to 10 railway vehicle model was vibrated by five types of seismic wave, which are Off Tokachi Earthquake, Niigata Prefecture Chuetsu Earthquake, Noto Peninsula Earthquake, Niigata Prefecture Off Chuetsu Earthquake and Iwate Miyagi Inland Earthquake. The speed of the vibrated model were 0km/h, 3km/h, 6km/h and 9km/h. For each condition, the model was vibrated ten times and derailment probabilities were found. By this study, it was shown that derailment probabilities tend to be higher when railway vehicle is running. Also, it was found that limits of effective value of input and response acceleration are different for stopping vehicle and running vehicle.

Key Words: Vibrated Railway Vehicle, Railway Vehicle Model, Derailment, Earthquake