

1. まえがき

鉄道における地震対策は、従来から主として線路構造物の防護の観点から種々の検討がなされてきた。しかし構造物が破壊するに至らないまでも、土構造物を主とした路盤上で軌道が変形または振動することにより、列車の走行安全性が害される場合もあることが予測されることから、近年この観点からの検討が進められている。¹⁾ この報告では、このうち、振動する軌道上における車両の走行安全性を明らかにすることを目的として行った1/5 縮尺車両を用いた2種類の実験の結果について報告する。

2. 試験の概要

試験には、図1に示す地震時軌道模擬試験装置と新幹線の1/5 縮尺車両を用い、この装置の軌道ユニット（軌道に相当する一対の軌条輪とその回転装置およびこれに軌道の振動を模擬した任意の変位を与えられる加振装置より成る）に左右動を与えて、この上に積載された車両の応答を調査した。第1の試験に於ては、地震波の特性が車両の走行特性に与える影響を明らかにするため、過去の地震において実際に記録された「八戸波」と「新菊川波」と称せられる2種類の基盤地震動と、各種の振動伝達特性をもつモデル化された表層地盤との組み合わせにより別途算出された推定地表地震動²⁾を用いた。この八戸波は、フーリエスペクトルにおいて1 Hz以下にピークを持つ長周期形であり、「新菊川波」は2～5 Hzにピークを持つ短周期形である。地盤は、伝達関数の1次ピークと振動伝達倍率による図2に示す地盤分類の中から各分類を代表するとされるものを選定した。これらの組み合わせにより得られた地表地震動の加速度は $1.5\text{m/s}^2 \sim 7.0\text{m/s}^2$ に分布した。第2の試験では、破壊的地震に遭遇した場合の車両の走行安全性を明らかにするため、上記の試験において車両の走行特性に大きな影響を持つ地震波を選定し、さらに大振幅の加振試験を行った。主な測定項目は、輪重、横圧、車体左右振動加速度及び軸箱／軌道ユニット間の上下相対変位である。

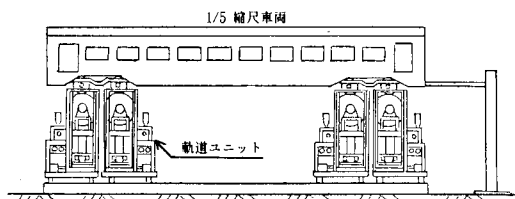


図1 試験装置

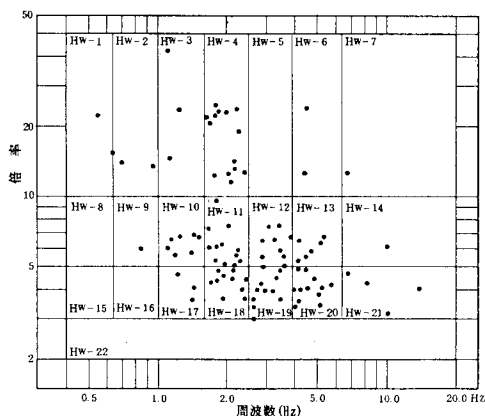
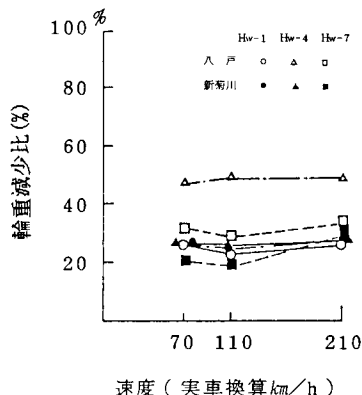
図2 地盤分類²⁾速度（実車換算 km/h ）

図3 走行速度の影響

3. 試験結果

3.1 走行速度の影響 各種の地震波による試験に先立ち、走行速度の影響を明らかにするため、数種の地表地震動について、車両の走行速度を3段階に変化させた試験を行った。この結果を図3に示す。この図から明らかなように、振動軌道上を走行する車両の応答値には走行速度による顕著な差は見られなかった。この結果に基づき、以後の試験については、車両の走行速度を一定（ 26.1m/s =実車換算 210km/h ）とした。

3. 2 地震波の特性と車両の走行特性 上記2種の基盤地震波と、各分類に属する地盤の組み合わせにより得られた各種の特性を持つ地震波により試験を行った結果の一例を図4に示す。これ等の試験の結果、基盤地震波の相違により車両走行特性は明確な差異を示し、同一の地表加速度に対する車両の応答は、長周期形の「八戸波」における方が、短周期形の「新菊川波」における場合より大きくなった。また、前者については、地盤特性の差にも拘らず、車両の応答値は地表地震波の加速度および変位の双方と比較的高い相関がみられたのに対し、後者については、地盤の特性により地表地震波の特性が異なったことから、加速度または変位との相関は低かった。一方、地盤の特性についてもその差異による影響が明らかにみられ、地盤伝達関数の1次ピーク周波数が1Hzに近い場合に車両の応答値は大きくなり、長周期形の「八戸波」では 250cm/s^2 程度の地表加速度で輪重減少比が100%に達する場合がみられた。

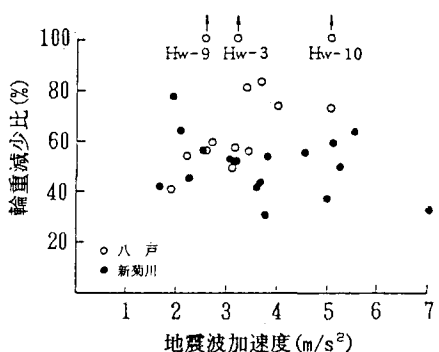


図4 地表加速度と輪重減少比

3. 3 大振幅地震波に対する車両の応答 上記の試験結果から、大きな車両応答を発生した0.6 ~ 2.5Hzに伝達関数の1次ピークを持つ3種の地盤(図2のHw9, Hw10, Hw11)における地震波を選定し、振幅をさらに増大し、輪重減少比が100%を超え、車輪がレールから離れるようになる領域での試験を行った。上記3種の地盤における地震波については、振幅の増大に伴って「新菊川波」の場合に各車両応答値の増加が大きく、「八戸波」の場合については何れも最大加速度 4.0m/s^2 以下で振幅が試験装置の最大振幅(30mm)に達し、車両に大きな応答を生じるには至らなかった。また、これら3種の地震波の中では、地盤の固有周期が長い場合ほど同一加速度における車両応答値は大きくなった。図5に最も地盤の固有周期の長いHw9と「新菊川波」の組

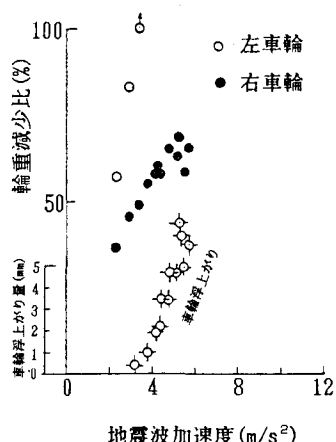


図5 大振幅時の輪重減少比

み合わせによる輪重減少比及び車輪のレールからの浮上がり量についての試験結果を示す。この図にもみられるように、同一の地震波形で振幅を増大させた場合には、車両の各応答値はいずれもほぼ振幅に比例して増大する傾向を示した。輪重減少比が100%に達する地震波の加速度は、地盤の種類によって異なり、Hw9で 3.3m/s^2 、Hw10で 6.9m/s^2 、Hw11で 8.2m/s^2 となった。これよりさらに振幅を増大させた場合には、片側の車輪がレールから離れて浮上がり、その量がフランジ高さ(6mm)の半分に達する時の地震波加速度は、Hw9で 4.5m/s^2 、Hw10で 10.0m/s^2 、Hw11で 12.0m/s^2 となり、いずれも輪重減少比が100%に達する振幅の約1.5倍となった。この試験において、最大の車輪浮上りを生じたのは、Hw9における加速度 5.3m/s^2 の場合で、浮上がり量はフランジ高さを超え、7mmに達したが、脱線には至らなかった。

4. むすび

地震時の車両走行安全性の観点から、推定地表地震波による振動軌道上の車両応答試験を行った結果、地震波の特性、地盤の特性、および車両の走行速度が車両走行特性に与える影響が明らかにされるとともに、従来未知の大振幅の地震波に対する車両の応答の一端が明らかにされた。

文 献

- 1) 山本 強: “鉄道構造物の地震対策”, 土木学会論文集, 第355号, 1985年 3月
- 2) 阿部英彦, 涌井 一, 中村 豊: “大規模地震に対する鉄道沿線の地震予測”, 鉄道技術研究報告, No.1216, 1982年