

1. まえがき

鉄道における各種の地震対策を確立するためには、車両の走行安全性に関する検討が不可欠であり、その検討にあたっては、地震時における軌道の振動および変形の特性を明らかにするとともに、これら振動する軌道および変形した軌道上における車両の挙動を明らかにする必要がある。これらの目的に資するため、鉄道技術研究所において、新幹線の1/5模型車両を用いた走行特性試験を行なった(写真1)。以下にその試験結果について報告する。

2. 試験概要

2.1 振動軌道上における走行特性試験

振動軌道上における車両の基本的な挙動を明らかにするため、1~10 Hzの周波数領域で、左右加振による車両の周波数応答特性を求めるとともに、これにより共振現象のみられた周波数を中心に、1.0 Hz~3.5 Hzの帯域で、加振周波数を、0.025~0.1 Hzきざみに変化させ、各周波数毎に輪重抜け100%に達する振巾を求めた。この試験においては、試験の結果走行速度の影響は小さかったので、輪重抜けが100%に到る条件を求めるに際しては、模型車両の転送速度は19.9 m/s(実車換算160 km/h)の一定とした。

2.2 角折れ部における走行特性試験

軌道変形に関しては、差し当り、地盤の変形に伴って、構造物が相互に変位することによって生じる角折れを考慮した。角折れの形状は図1に示す2種類とし、角折れの間隔は、新幹線の標準高架橋の長さを考慮して4.8 m(実車換算24 m)、7 m(同35 m)とした。これらは、それぞれ、東海道新幹線および東北・上越新幹線の標準高架橋の長さに対応するものである。走行速度は、新幹線のATC速度(70, 110, 160, 210 km/h)を模型換算した8.7 m/s, 13.7 m/s, 19.9 m/s, 26.1 m/sの4種類とした。これらに対し、折れ角を徐々に増加させ、全幹線の設計標準に定める走行安全C限度に対応する折れ角の大きさを求めるとともに、輪重抜け100%に到る条件を求めた。

2.3 試験装置

実験に使用した地震時模擬試験装置は、写真1にみられるようなものであり、車両の4つの軸を支持する各軌道ユニットの上下、左右動および回転動作を組合せることにより、車両の走行状態と、任意の軌道変形の再現を可能としたものである。また供試車両は新幹線車両の主要な力学要素を相比率に従って縮尺した1/5モデルである。

2.4 測定項目

各試験における測定項目は表1に示すとおりであり、これらの測定値からさらに横圧・輪重比Q/Pを算出した。

3. 試験結果

3.1 振動軌道上における走行特性試験

車両の周波数応答特性を、図2に示す。図より明らかなように、1.4 Hz付近および

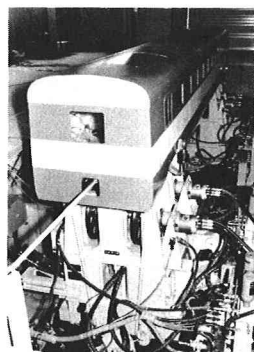


写真1 試験状況

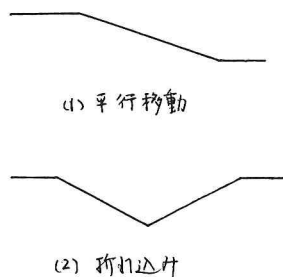


図1 角折れ形状

表1. 測定項目

測定項目	測点数
輪 重	8
横 圧	8
車体上下加速度	2
車体左右加速度	2
軌条輪圧変位	4
軌条輪 加速度	4

3.4 Hz付近の2ヶ所に共振点をもつ。これは各々下心ローリング、上心ローリングの現象に対応しており前者では輪重抜けが、後者では横圧、車体加速度が大きくなる傾向がみられた。また図より明らかなように、振動軌道上の車両応答に関しては走行速度による差は小さい。

つぎに、振巾を増大させ、輪重抜けが100%に達する条件を周波数別に求めたのが図3である。この図より明らかなように、輪重抜けが100%に達する振巾は、2つの共振点付近で低下するが、輪重抜けに対しては、下心ローリングの共振点付近が最も厳しい条件となること分る。なおこの場合には、輪重抜けが100%に達した段階で、横圧は50%程度、Q/Pは1.0以下に止り、横圧の最大値と輪重の最大値は同位相となったが、上心ローリングの共振点付近では、両者に位相ずれを生じるとともに横圧は100%程度、Q/Pは2.0程度と前者の約2倍となった。

3.2 角折れ部における走行特性試験

角折れ部における走行特性の値の一例として、輪重抜けと折れ角の大きさおよび走行速度との関係を示したのが各々図4および図5である。これはいずれも平行移動で $l=7m$ 、走行速度26.1 m/sの場合である。これらの図より明らかなように、輪重抜けの値は、折れ角の大きさおよび走行速度にほぼ比例して増加するが、これが大きくなり、輪重抜けが100%に近づくに従って、その増加率は漸増の傾向にある。なお走行速度26.1 m/s(実車換算210 km/h)において輪重抜けが100%に達する折れ角の大きさは、平行移動で7/1000程度、折れ込みの場合9/1000程度となった。

この試験結果を、従来提案されている走行安全上の折れ角限度と比較するため、地震時の走行安全性を考慮する場合の車両走行特性限度値(全幹線設計標準に定めるC限度)と1/5模型に換算した数値に対応する折れ角の大きさを図4等により求めると、平行移動において5/1000程度、折れ込みにおいて6.5/1000~7/1000となり、実車に対して従来提案されている限度値とほぼ合致する。

4. まとめ

以上の模型試験の結果をまとめるとつぎのようになる。

- (1) 軌道の振動に対する車両の応答は、下心ローリングおよび上心ローリングの共振点付近で大きくなり、輪重抜け100%に到る振巾は前者において厳しく、後者においては車体加速度および横圧において厳しい。
- (2) 模型車両において、輪重抜けが100%に到る折れ角の大きさ(速度26.1 m/s)は、平行移動の場合7/1000程度、折れ込みの場合9/1000程度となる。
- (3) 模型車両において走行安全C限度に対応する折れ角の大きさは、従来の提案値とほぼ合致する。

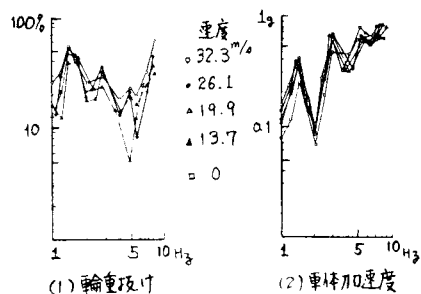


図2 車両応答の周波数特性

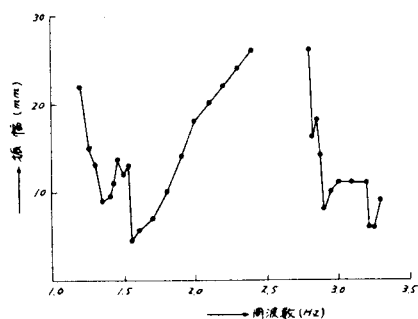


図3 輪重抜け100%に達する振幅

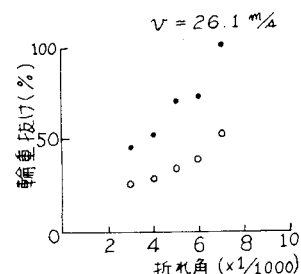


図4 折れ角と輪重抜け
 $\theta = 7/1000$

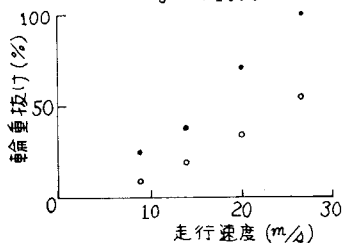


図5 走行速度と輪重抜け