

127 鉄道車両スケールモデル試験

Scale Model Test for Rolling Stock (Roller Rig)

○正 河野 浩幸 (三菱重工) 正 高崎 勝明 (三菱重工)

正 山口 正博 (三菱重工) 持留 裕之 (三菱重工)

中島 満則 (菱明技研)

Hiroyuki KOHNO , Katsuaki TAKASAKI
Masahiro YAMAGUCHI , Hiroyuki MOCHIDOME
Mitsunori NAKASHIMA

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., 5007, Itozaki-chou, Mihara-shi, Hiroshima, Japan
Ryomei Engineering, Ltd., 5007, Itozaki-chou, Mihara-shi, Hiroshima, Japan

Recently the LRT(Light Rail Transit) is expected to become high-performance transit system in the new generation. We made 1/5 scale rolling stock test equipment for verifying calculation accuracy. We will introduce this test equipment. By rotating rail-ring as an alternative of the rail, this test equipment is the one which simulates running condition of rolling stock in the stationary condition. By orbital motion and rotation on its axis and swing motion of the each rail-ring are controlled together, the advantage of this test equipment is to simulate the curving behavior condition. And, the experimental result by this test equipment is also introduced.

Key words ; Dynamics of Machinery , Vibration , Roller Rig , Rolling Stock , Railway Vehicle , Railway

1. はじめに

近年, 地球への環境負荷低減等の観点から, 都市間輸送における高速鉄道, 都市内輸送におけるLRT (Light Rail Transit)が注目されている。LRTにおいては都市空間の効率的利用の観点から, 路線内に曲線部が多く存在し, 走行安定性能と共に高い曲線通過性能の両立が重要視されている。そのための新型車両開発のためには, 多大な時間と費用を要する実路線試験を行う前に実機車両の運動性能を予測する必要がある。

そこで我々は, 実機車両の運動性能予測とシミュレーションの精度検証を目的に, 1/5の鉄道車両スケールモデル試験装置を製作した。本試験装置は, レールに相当する軌条輪を回転させることで, 定置で鉄道車両の走行状態を模擬する試験装置である⁽¹⁾⁽²⁾。各軌条輪回転台を公転運動, 自転運動, ハの字運動できるような構造とし, それらを連動制御することにより, 一車両モデルや連接車両モデルの曲線走行状態を模擬できることが特徴である。これらの特徴及び試験結果について述べる。最後にシミュレーションとの比較についても簡単に紹介する。

2. 車両スケールモデル試験台

2. 1 スケールモデル試験台の概要

1/5スケールモデル試験台の外観を図1に示す。諸元を表1に示す。この試験台は定置で走行状態を模擬するものであるが, 最大の特徴は曲線走行状態を模

擬する方法にある。

Table.1 Principal specification of Roller Rig

Item	Specification	Real Equivalent
Type of Equipment	Stationary Type	—
Maximum Speed	45km/h	100km/h
Minimum Curve Radius	4m	20m
Gauge	287mm	1435mm
Wheel Base	360mm	1800mm
Rail-Ring Diameter	300mm	—

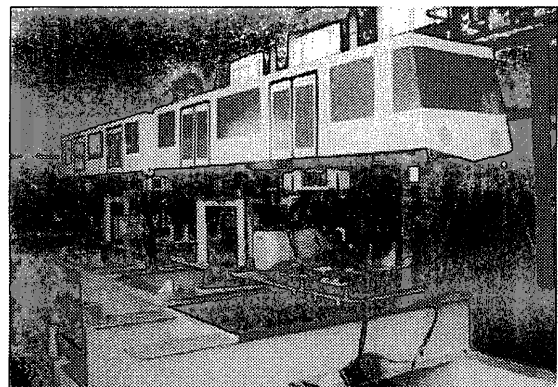


Fig.1 View of 1/5 Scale Model Test Equipment for Rolling Stock (Roller Rig)

2. 2 スケールモデル試験台の概略構成

図2に試験装置の全体図を示す。本スケールモデル試験装置は大きく試験台と試験車両に分けられる。試験車両について次章で説明する。

本試験台は曲線走行状態を模擬できることが特徴であるので、その部分を中心に述べることにする。曲線走行状態を模擬するためには各軌条輪を、模擬する曲線の接線上に配置する必要がある。そこで試験台の構成を三層構造にした。三層とは、各軌条輪軸を載せる軌条輪台 Bed(C)、それを2軸載せた軌条輪自転台 Bed(B)、そして Bed(B)を載せる軌条輪公転台 Bed(A)の構成となっている。

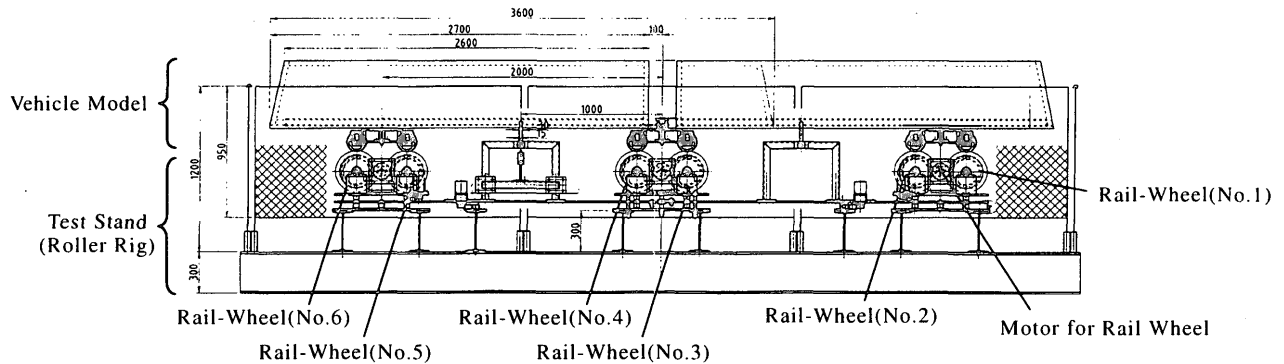
軌条輪公転台 Bed(A)は図中点(O)を中心に軌条輪自転台 Bed(B)を公転運動(Moving(A))させる。軌条輪自転台 Bed(B)は Bed(A)上で自転運動(Moving(B))させ

る。さらに軌条輪台 Bed(C)は Bed(B)上でそれぞれ回転運動(Moving(C))できるようになっている。各 Bed をステッピングモータにより回転運動させることで各軌条輪を模擬曲線の接線上に配置できる。

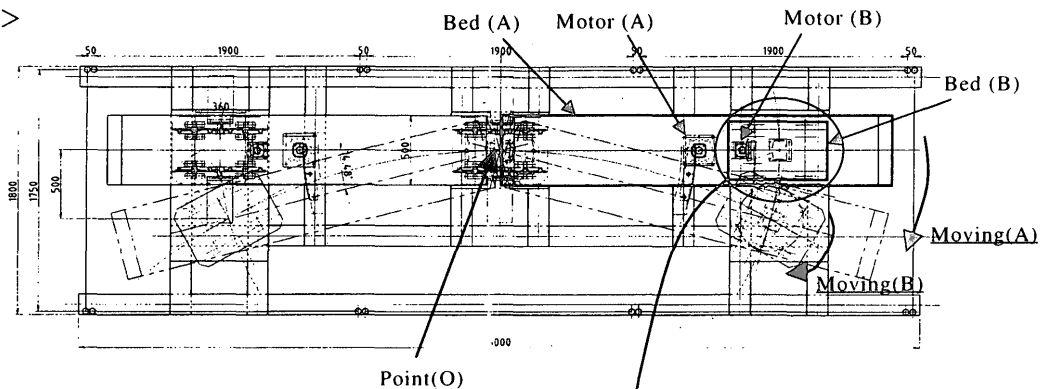
また、本試験装置の車輪回転については車両モデルの車輪は従動回転とし、試験台の各軌条輪を駆動する方式と採用した。各軌条輪の駆動用モータは左右に各々取付けた。これは曲線中での内外軌のレール長に生じる長さの差を、左右の軌条輪回転数に差を付与することにより考慮するためである。

以上のように、各 Bed の稼動と軌条輪回転を連動して制御することにより、曲線走行状態を模擬することが可能となった。

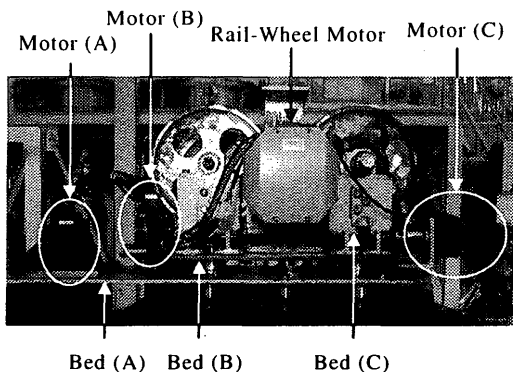
< Side View >



< Over View >



< Side View >



< Over View >

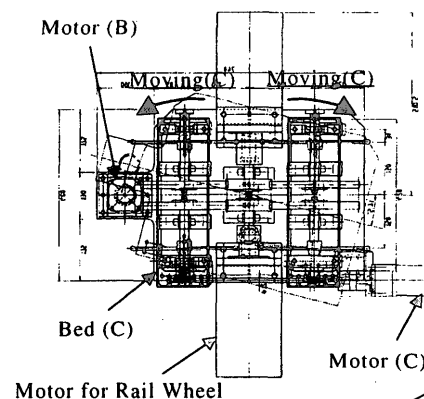


Fig.2 Picture of Test Equipment of 1/5 Scale Model for Rolling Stock (Roller Rig)

3. スケールモデル車両

3. 1 スケールモデル車両の概要

本試験台では供試車両モデルとして、一車両モデルから連接車両モデルまで適用できるが、今回は2車体を3台車で支持する形式の連接車両モデルを製作した。外観は図1に示す通りであり、主要諸元を表2、全体図を図3に示す。

Table.2 Principal specification of Scale Model Vehicle

Item	Specification	Real Equivalent
Length	5.6m	28m
Weight	308kg	38.5ton
Axle-Load	51kg	6.4ton
Wheel Diameter	132mm	660mm
Gauge	287mm	1435mm
Wheel Base	360mm	1800mm
Drive System	—	—

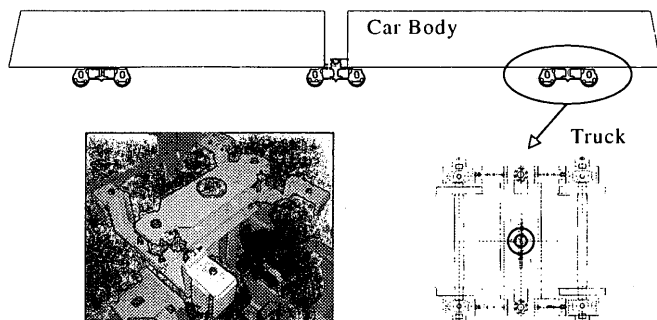


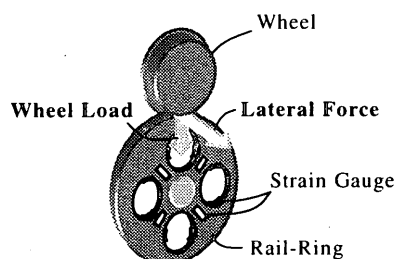
Fig.3 Picture of Vehicle Model

4. スケールモデル試験

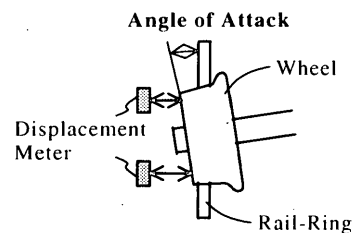
4. 1 スケールモデル試験測定項目⁽³⁾

計測項目として、横圧、輪重、アタック角の測定、車輪/軌条輪接触状態可視化ができるようになっている。計測項目の模式図を図4に示す。

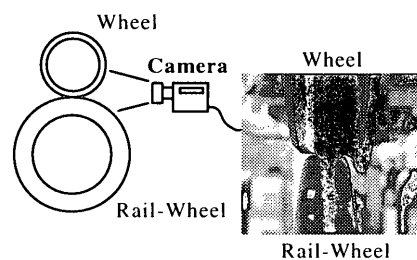
横圧・輪重の測定には軌条輪に歪ゲージを貼付け測定する方法を採用した。軌条輪1回転に対して横圧値は4回測定できる間欠法と呼ばれる方式である。アタック角については変位計を用いて車輪前後で車輪と軌条輪の相対変位を測定し、算出することとした。また、車輪/軌条輪の可視化については接触状態を確認するために CCD カメラを設置した。カメラは常に車輪/軌条輪を撮影できるように軌条輪と一体で動く。



(a)Lateral Force and Wheel Load



(b)Angle of Attack



(c)Visualization of Wheel/Rail-Ring

Fig.4 Item and Method of Measurement

4. 2 スケールモデル試験結果

本試験装置を用いて、連接車両モデルの曲線走行状態のスケールモデル試験を実施した。試験状況を図5に示す。計測項目としては、横圧、アタック角を測定した。試験結果の一例を図6(外軌側車輪横圧)、図7(アタック角)に示す。図は実機換算 20mR を模擬した曲線走行試験であり、定常旋回中の計測結果である。前述の通り、横圧は間欠的に測定し、アタック角は連続的に測定している様子が見える。

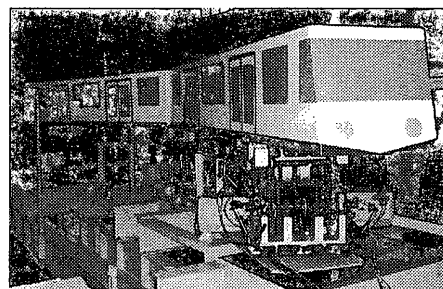


Fig.5 Test Situation of Curving Behavior

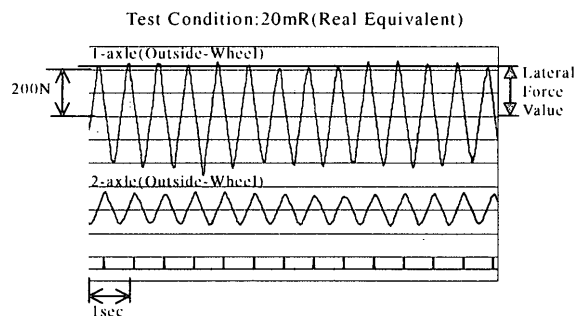


Fig.6 Example of Measurement Results (Lateral Force)

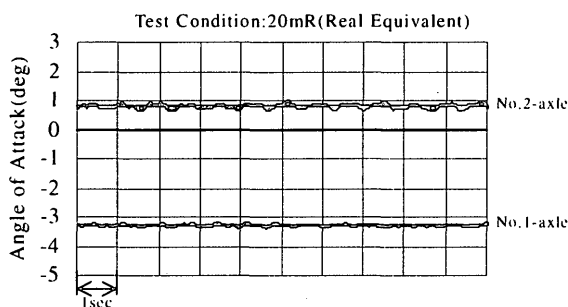


Fig.7 Example of Measurement Results
(Angle of Attack)

5. 試験結果とシミュレーション結果の比較

5.1 シミュレーション

シミュレーションには、連接車両の計算が可能のように改良したマルチボディ・ソフトウェア A'GEM⁽⁴⁾を用いた。シミュレーションは直線から緩和曲線を通して定常曲線を走行するシミュレーションを行った⁽⁵⁾。その結果について簡単に紹介する。シミュレーションモデルを図8に示す。

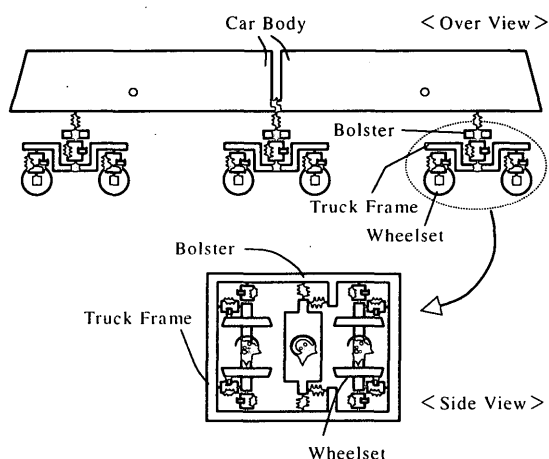


Fig.8 Simulation Model

5.2 スケールモデル試験結果とシミュレーション結果の比較

スケールモデル試験結果とシミュレーション結果の比較を図9～図11に示す。

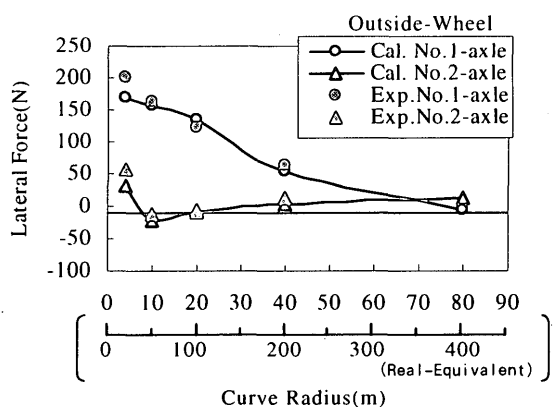


Fig.9 Result of Measurement and Simulation(Part-1)

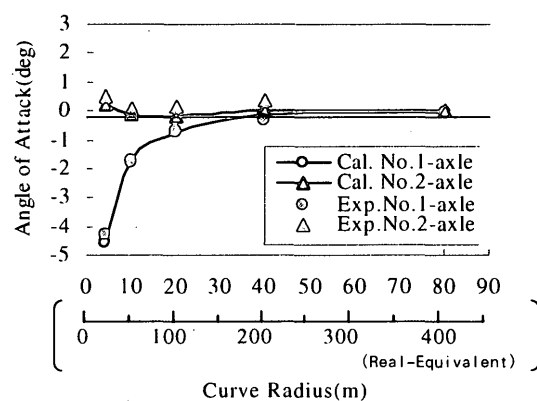


Fig.10 Result of Measurement and Simulation(Part-2)

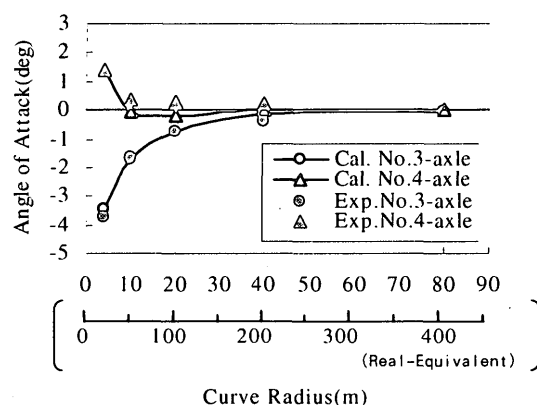


Fig.11 Result of Measurement and Simulation(Part-3)

以上、シミュレーション結果について簡単に紹介したが、スケールモデル試験結果とシミュレーション結果は定性的にも定量的にもほぼ一致する結果となった。

4. おわりに

以上、我々の製作した鉄道車両スケールモデル試験装置の構成、機能について、本試験装置は曲線走行状態を模擬する機能に特徴がある事、一車両モデルだけでなく連接車両モデルの試験も可能である事、そのために試験台を三層構造とした事、を紹介した。

また、試験結果とシミュレーション結果が概ね一致した事についても簡単に紹介した。

今後とも、試験装置の機能充実を図るべく、各種機能拡張に取組み、本試験装置の高機能化を目指していきたい。

参考文献

- (1)須田ほか、車両の運動力学入門～第19回 車両試験台～、鉄道車両と技術、Vol.3-2、No.19、(1997)、39。
- (2)松本ほか、都市内鉄軌道用台車試験装置の開発、電気車の科学、Vol.42、No.11、(1990)、24。
- (3)須田ほか、車両の運動力学入門～第21回 輪軸、横圧の測定法～、鉄道車両と技術、Vol.3-4、No.21、(1997)、29。
- (4)R.J.Anderson, A'GEM Rail Vehicle Dynamics Software Package Users Manual, (1994)。
- (5)河野ほか、LRT 車両の曲線通過性能、機構論、No.99-59、(1999)、211。