

# 車輪-レール間作用力測定のみずみ感度増幅方法の考案

The devised of a method for amplifying strain sensitivity  
of wheel-rail acting force measurement

鈴木智之<sup>1)</sup>

指導教員 宮本岳史<sup>2)</sup>

1) 明星大学大学院 理工学研究科 機械工学専攻 車両運動研究室

2) 明星大学 理工学部 総合理工学科 機械工学コース 車両運動研究室

キーワード：模型実験, ひずみ

## 1. 研究の背景と目的

鉄道の安全評価に用いられる指標の一つに「脱線係数<sup>1)</sup>」というものがある。この係数は、車輪-レール間の作用力である、垂直方向に働く力である輪重（以降、「垂直力」という）と水平方向に働く力である横圧（以降、「横力」という）を、それぞれ計測して求める。本研究室では、事故状態の再現といった極端な条件などが設定でき、実験に要するコストを抑えることができるという観点から、力学的相似な模型を用いて実験装置の開発に取り組んでいる。模型実験において垂直力・横力の測定には、局所的な力を測定できる「ひずみゲージ」を用いることを目指している。しかし、実物と同じ金属材料を用いて模型を製作すると、ひずみが生じづらくなり力に対するひずみゲージの感度が低下してしまう。そのため本研究では、装置外から加わる力が同じ状態におけるひずみを増加させ、ひずみゲージを用いた作用力の測定を容易に行えることを目的として実験装置を製作し実験を行った。

## 2. 実験装置について

軸変形におけるひずみ<sup>2)</sup>について考えると(1)式と表 1 より、ひずみは無次元単位であるため縮尺率を大きくするほどヤング率を小さくする必要があることが分かる。しかし、実物と同じ金属材料を用いることから、ヤング率の比率を変化させるこ

とはできない。つまり、縮尺率を大きくするほど材料が相対的に硬くなり、ひずみが生じづらくなる。そこで、模型材料に対して予め軸方向に力を与え、その力の一部が垂直方向に働くことができれば、ひずみを増加させられるのではないかと考えた。この考えを持って、実験装置外部から材料長手方向と垂直方向の集中荷重を受けた際に、材料端面が傾き軸方向の力の一部が垂直方向に働くような実験装置を製作した。

$$\varepsilon = \frac{P}{EA} \quad \dots\dots (1)$$

$\varepsilon$ ：ひずみ,  $P$ ：荷重[N],

$E$ ：ヤング率[N/m<sup>2</sup>],  $A$ ：断面積[m<sup>2</sup>]

表 1 相似比

	比率 n (実物：模型)
長さ [m]	1 : 1/n
力 [N]	1 : 1/n <sup>3</sup>

## 3. 実験内容

実験装置を図 1 に示す。製作した実験装置を、島津製作所製の万能試験機（型番：AGX-100kNV）内に設置し実験を行った。実験は、図 1 中の圧子が実験装置のレールを模擬した金属角棒（以降、「模擬レール」という）の中央部に集中荷重を加え、模擬レール下部中央に貼り付けたひずみゲージを用い

て模擬レールのひずみを計測した。また、模擬レールの端面が曲げにより傾いた際にも端面に垂直となる力を与えられるように、模擬レール両端の支持部の構造にはラバーシートを組み込んだ。これにより、わずかに傾くレール端面にも対応して、両端から模擬レールに荷重を与える。

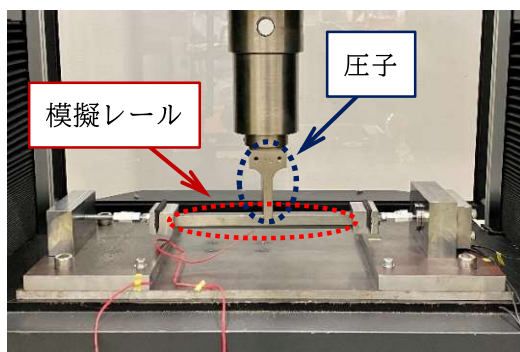


図1 実験の様子

#### 4. 実験結果と考察

実験条件を表2に、実験結果を図2に示す。図2は、設定荷重を与える前後における、ひずみゲージから出力されたひずみの差を求め、その条件での平均値を算出し、各端面荷重条件において直線で繋いだものである。図2から端面荷重が大きくなるほど、ひずみ量は微小ながら増加していることが分かる。ここで、荷重とひずみゲージから出力されたひずみの関係の一例を図3に示す。図3から、荷重とひずみにはおおよそ線形関係があることが分かる。図3に示した以外の実験条件においても、同様におおよそ線形関係があることを確認した。そのため図2の実験結果は、予め模擬レールの両端に加えた力の違いによって、ひずみゲージの出力に端面荷重が影響を及ぼしていることが分かった。この現象は、模擬レールに鉛直方向から集中荷重が加わった際に、微小に発生した曲げが考えられる。この曲げにより模擬レールの端面が微小に傾き、端面に加わっている力の一部が鉛直方向に働きひずみを微小に増加させたと考えられる。

表2 実験条件

設定荷重 [N] (集中荷重)	18N
端面荷重条件	0N, 20N, 40N
実験回数 (各端面荷重条件)	3回

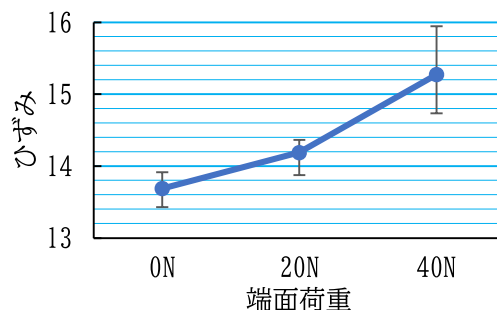


図2 実験結果

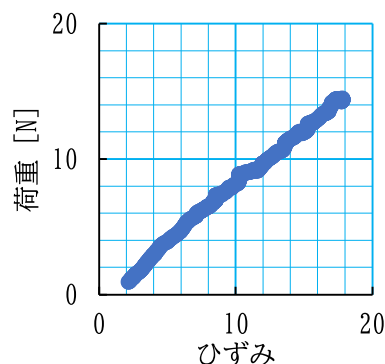


図3 荷重とひずみゲージによるひずみの関係 (端面荷重条件 20N のとき)

#### 5. まとめ

本研究により、模擬レール両端の支持部に傾斜可能範囲を持たせ予め端面に対して垂直な力を加えることで、曲げによるひずみを増加させられることが分かった。しかし、加えた力に対してひずみの増加量が微小すぎるため、この方法だけではひずみゲージを用いた力の測定精度を向上する方策にはならないことが分かった。

#### 参考文献

- 1) 日本機械学会, 鉄道車両のダイナミクスとモデリング, 日本機械学会, 2017, 70
- 2) 日本機械学会, JSME テキストシリーズ 材料力学, 日本機械学会, 2019, 33