

模型軌道座屈試験に関する一考察

○鉄道総合技術研究所 正会員 片岡宏夫
 鉄道総合技術研究所 正会員 柳川秀明
 鉄道総合技術研究所 正会員 岩佐裕一

1. はじめに

軌道の座屈安定性評価は静的な軌道座屈に対して行われ、沼田の理論式¹⁾および宮井の解析法²⁾が用いられている。座屈理論の検証のために過去に多数の模型軌道座屈試験¹⁾³⁾が実施されてきたが、それらは主に最低座屈強さに着目していた。現在横圧を考慮した座屈解析とその検証を進めているが、その一環として本研究では模型レールが有限長であることを考慮して解析法を修正し、さらに、簡易型の模型軌道座屈試験装置を用いた座屈試験を実施して座屈発生軸圧力について検証を進めた。

2. 簡易型の模型座屈試験

従来の模型軌道座屈試験では模型道床を用いて試験が行われてきた。この手法により実物のまくらぎの挙動を模擬することができるが、試験軌道の設定の煩雑さを伴い、また道床横抵抗力のばらつきがあることが指摘されてきた。本研究では理論の検証を主目的として、より効率的に試験を実施できる簡易型の模型軌道座屈試験装置を用いた。装置は、ゴムマット上に模型レール／まくらぎで構成される軌きょうを敷設し、まくらぎ重量によるまくらぎ底面の摩擦抵抗で横抵抗力を確保する構造とした（図1）。模型道床を用いた模型軌道座屈試験との主な違いとしては、(1)底面摩擦で抵抗力を確保しているため縦抵抗力と横抵抗力が同程度である、(2)摩擦抵抗なので横抵抗力の初期の立ち上がりが大きい（図2）、という事項が挙げられる。

波長 1m、波高 2mm の初期通り狂いを設定した曲線半径 200m の模型軌道の座屈試験を実施し（図3）、レール中間部の軸圧力をひずみゲージで、レール端部の軸圧力をロードセルで測定した。その結果、中央部の軸圧力はレール端部のロードセルによる測定値と比べて相対的に高くなっていた（図4）。温度上昇に伴い模型レールが座屈直前にレール端部で外方に伸びたことは、まくらぎに縦抵抗力が作用して中央付近の軸圧力が高くなっている状況と合致している。なお、ひ

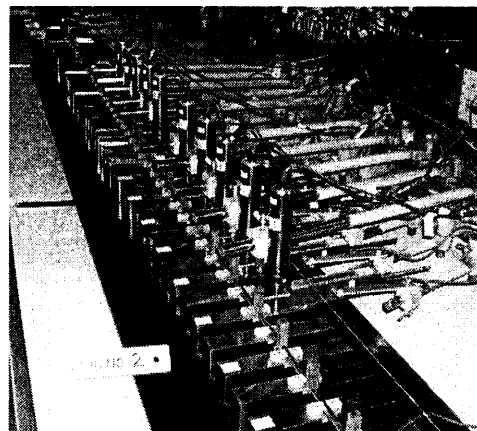


図1 簡易型の模型軌道座屈試験装置

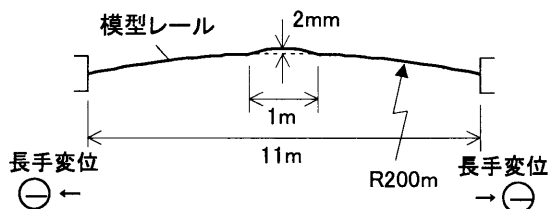


図3 模型軌道の概略

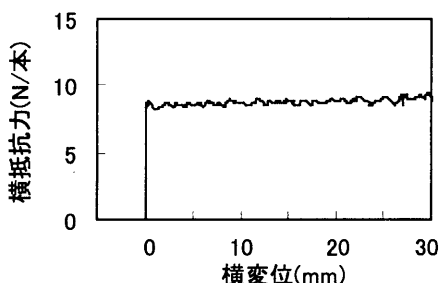


図2 模型まくらぎの横抵抗力特性

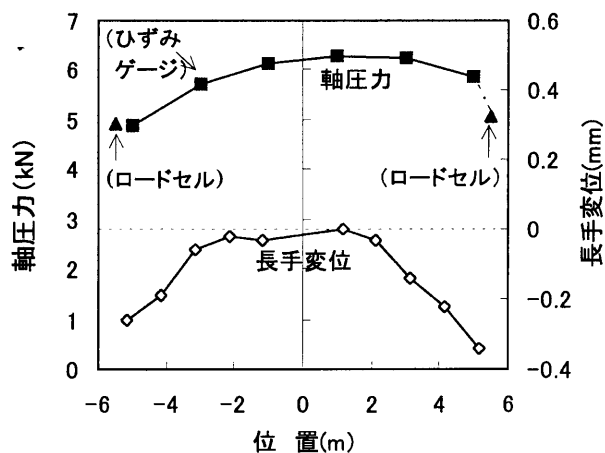


図4 座屈直前の軸圧力と長手変位の分布

キーワード：模型軌道座屈試験、座屈解析、軸圧力

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7275 FAX 042-573-7432

ずみゲージによる軸圧力測定は温度補正をしていないために数%の誤差が入っている可能性があるが、傾向は正しく把握されていると考えられる。

3. 模型軌道座屈試験を想定した座屈解析法

従来の解析法においては、図5(1)のように温度上昇時の通り狂い波形に隣接する区間に縦抵抗力が作用し、レール長さの伸び量と $S_1/E A$ (S_1 : 図の斜線の面積、 E : 模型レールの縦弾性係数、 A : 断面積) が等しいとして解いていた²⁾。これは遠方でレール軸圧力が不動区間の軸圧力に等しくなることを前提としているが、本試験においては座屈後にレール端部の軸圧力が大きく低下しており、有限長であることにより図5(1)の軸圧力分布が異なっていることがわかっている。

そこで、レール端部の軸圧力が低下している有限長の軸圧力分布を想定して、レールの中央付近の伸び量が S_2/EA (S_2 : 図の斜線の面積) と釣り合うとして座屈解析を行った。

4. 座屈解析法の検証

2項の考察から、レール端部の軸圧力を端部のロードセルの軸圧力に縦抵抗力 $1.45\text{N/cm} \times$ 試験軌道長さの半分 $5.5\text{m}=0.80\text{kN}$ を加算して模型レール中央部の軸圧力を補正した。座屈解析の条件を表1に示す。模型まくらぎの横抵抗力特性はまくらぎ2本分の横引き試験から求めた(図2)。試験の補正值と解析値とを比較した結果、座屈発生軸圧力の解析値は試験値を2割程度上回った(図6)。本試験においては横抵抗力のばらつきは模型道床を用いた場合に比べて小さいと考えられるが、試験値と解析値に差があることから、座屈試験時の模型まくらぎの横抵抗力特性が横引き時の特性と異なっている可能性が認められた。これは今後の検討課題である。

有限長を考慮した解析の結果、座屈発生軸圧力および最低座屈強さは変わらなかったが、飛び移り後の横変位が変化し、試験値と良い一致を示した。

5. おわりに

簡易型の模型軌道座屈試験装置を用いた座屈試験を実施し、模型レールが有限長であることを考慮した座屈解析により飛び移り後の横変位について良好な結果を得た。今後、試験をさらに進めて横圧を考慮した解析法の検証を行う予定である。

[参考文献]

- 1) 沼田実：ロングレールの座屈強さ、鉄道技術研究報告、No.721、1970.8
- 2) 宮井徹：エネルギー法による軌道座屈の数値解析、鉄道技術研究報告、No.1271、1984.7
- 3) 飯田啓善他：模型軌道座屈試験、鉄道技術研究所速報、NoA-84-103、1984.6

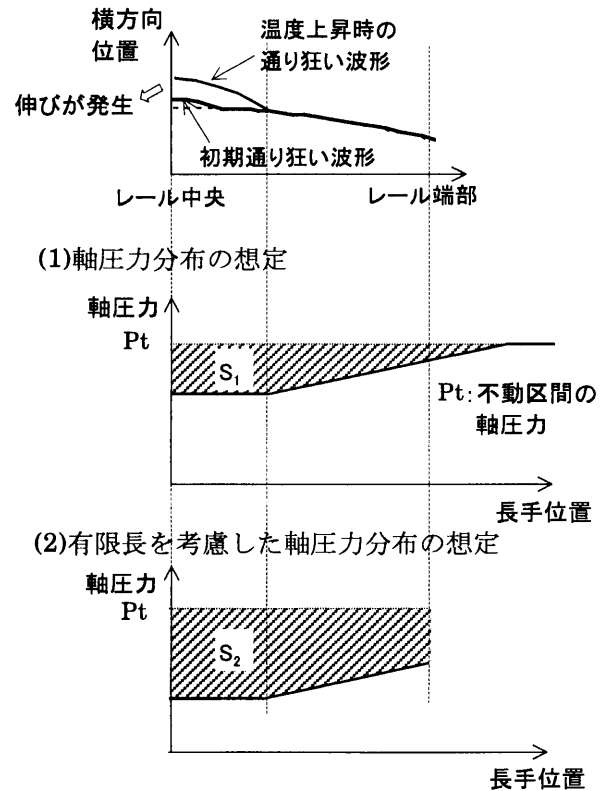


図5 温度上昇時の軸圧力分布と軌道形状

表1 解析条件

条 件	内 容
模型レール断面積	56 mm ²
曲線半径	200 m
最終道床横抵抗力	1.45 N/cm
道床横抵抗力初期特性係数*	0.0001 mm
座屈波形	第 I 波形
道床縦抵抗力	1.45 N/cm
回転モーメント	0 N/rad
初期通り狂い	最大狂い量 2 mm
	狂い波長 1 m

*係数…道床横抵抗力が最終道床横抵抗力の1/2となる横変位

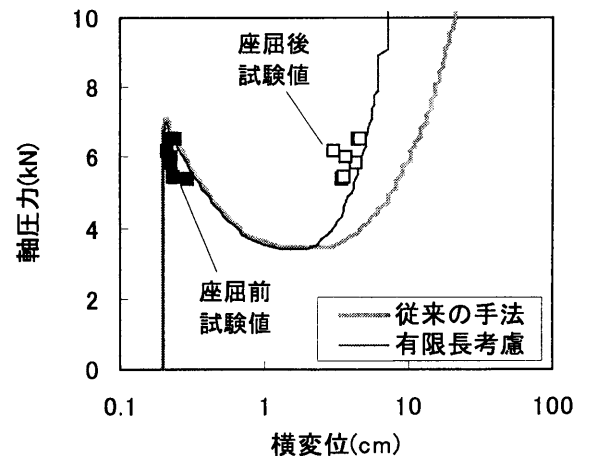


図6 模型座屈試験結果