

## レール張出し模擬試験装置の開発

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 小野寺 孝行

## 1. はじめに

保線関係の絶滅を帰すべき事故のひとつとして「レール張出し事故」があり、ロングレールの理論や管理手法について机上での研修等を積極的に行っている。しかしながら、現場で実際に張出し事故に遭遇する機会がないため、ややもすると、文字通り「机上の空論」となりかねない面があり、“張出し現象”を擬似体験できる何らかの学習機会・模擬装置等が求められている。そこで、今回、小規模ながらもレール張出し事故を実感できるレール張出し模擬試験装置を開発した。

## 2. 装置の概要

## (1) 外観・重量等

装置の外観を図-1に示す。集合教育等での使用を前提として、可搬性を考慮し、約 1/12 スケールの模擬試験装置とした。レール軸力及び道床横抵抗力は、外部のエアコンプレッサーから供給される空気圧を、電気的に制御できる空気圧制御器により調整することにより任意の力を付加できるものとした。



図-1：模擬試験装置の外観

## (2) 模擬レールの材質及び形状

スケールダウンしたモデルで実物と類似した事象を再現するには、様々なパラメータを相似測により一致させる

キーワード：レール張出し 道床横抵抗力 レール軸力

連絡先：〒192-8502 東京都八王子市旭町 1-8 Tel:042(620)8568 Fax:042(620)8569

ことが重要である。軌道の座屈に関する理論式は、さまざまな文献<sup>1)</sup>により提案されているが、無次元の定数が論理式に組み込まれており、相似測への影響度合いが未知数である。そこで、今回は、一般的なオイラーの式により求めることとした。オイラーの式では、両端固定端の座屈加重は、 $P=4\pi^2 EI/L^2$ で表されるので、P(軸力)、E(ヤング率)、I(断面2モーメント)、L(座屈長)を最適な値に組合せることが重要となる。

まず、I(断面2次モーメント)を決定するための模擬レールの断面形状であるが、材料加工の難易度の面からは、長方形やI型が手軽であるが、今回の開発の目的であるロングレールの張出しを実感するには、やや物足りない形状である。そこで、材料加工に関する最近の技術動向を確認したところ、様々な材質(金属やプラスチック類)をかなり複雑な形状に加工可能な専門会社が複数あることが判明したので、実レールの形状を1/12にスケールダウンした形状を採用することとした。具体的な寸法を図-2に示す。

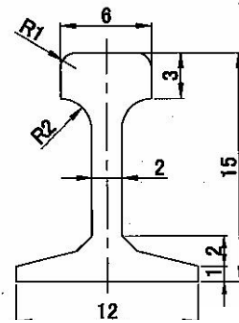


図-2：模擬レールの形状

一方、P(軸力)については、試験装置で付加可能な加重の範囲、L(座屈長)については、装置の大きさの制約を受けることから、適切なE(ヤング率)を有する材質を選定する必要がある。そこで、様々な素材のヤング率に基づき、座屈荷重や座屈長を比較検討したところ、アクリル樹脂が最も適した素材であることがわかった。計算例を表-1に示す。座屈長が0.5~1.0m(実スケールに換算すると6~12m)の場合の座屈荷重は、31~124Nとなり、軌きょう剛性等を考慮しても、試験装置で容易に付加可能な軸力で座屈が発生すると推定できる。

表-1：代用的な素材の座屈荷重

| 材質        | レール   | アルミ   | アクリル | ポリエチレン |
|-----------|-------|-------|------|--------|
| ヤング率[GPa] | 206   | 70.3  | 3.14 | 0.76   |
| 座屈荷重[N]   | L=1.0 | 2,031 | 693  | 31     |
|           | L=0.5 | 8,124 | 277  | 124    |
|           |       |       |      | 30     |

## (3) 道床横抵抗力及び道床縦抵抗力の付加方法

模擬レールを支えるマクラギと試験装置筐体間には、

ベアリング式のスライダ-を縦方向と横方向に取り付け、マクラギが自由に移動できる構造とし、横方向のみ超小型のエア-シリンダーで保持し、このシリンダーの圧力を変化させることにより任意の横抵抗力を付加できるようにした。加圧シリンダーは、20mmのストロークがあり、シリンダー軸が最大に伸長した状態でマクラギ端面にほぼ接触するように設置してあり、通り変位が発生した際に、張出した側のみに抵抗力が作用する構造とした。また、張出し現象が発生し、シリンダーが急激に収縮しても、抵抗力が一定となるように、高性能な電気制御式の空気圧制御装置でシリンダーの圧力を一定に保持する機能を有している。

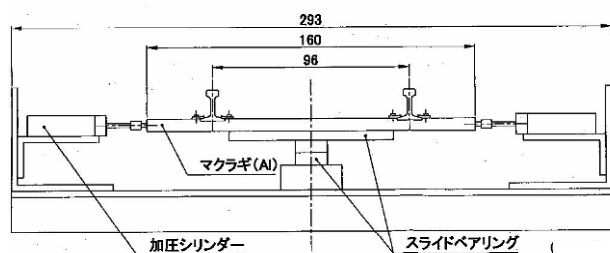


図-3：横抵抗力付加装置

#### (4) レール軸力の付加方法

前記のように縦方向については、筐体からの抵抗が加わらない構造としているので、レールの端部から軸力を負荷すれば、レール全体に均等に軸力が加わることになる。軸力の付加は加圧シリンダーの空気圧とストロークを制御することにより行うこととした。なお、張出し事象が発生し軸力が急激に低下した場合であっても、きめ細かくシリンダーのストロークを制御することにより、過度のシリンダーの伸長による軸力の過付加を防止している。

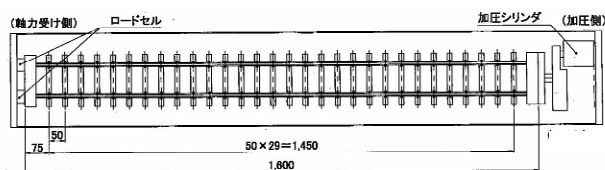


図-4：軸力付与装置

#### (5) 制御方法

試験装置は、延長約 1600mm、マクラギ 30 本の軌きょうとなっており、デスクトップ型汎用パソコンの PCI スロットに装着した I/O ボードを介して、横抵抗力制御用の空気圧制御装置、レール軸力付加用のシリンダーストローク制御装置、軸力測定用のロードセル等と接続されており、すべての制御がパソコン上で可能となっている。模擬試験を実施する際には、マウスでアイコンを操作するだけで様々な条件での試験が可能である。

具体的には、道床横抵抗力は、大小だけでなく、中央部の 12 本のマクラギについては、4本を1グループとして3グループに分け、各々の横抵抗力を制御可能としており、部分的に横抵抗力不足の状態を再現可能としている。加えて、電磁弁によりマクラギ毎にシリンダー内の圧力を開放することが可能となっており、浮きマクラギ状態を模擬することも可能である。また、試験終了時には、リセットボタンをクリックすることにより、自動でレール軸力を開放し、横抵抗力用のシリンダーを伸縮させ、軌きょうを軌道変位のない元の状態に復帰することが可能である。

### 3. 試行結果

試行の結果、道床横抵抗力を付与しない状態では、軸力が 15~20kg、横抵抗力 100g 程度では、軸力が 20~30kg 程度でレール張出しの事象を再現することができた。一例を図-5に示す。



図-5：模擬試験結果の例

### 4. まとめ

今回の開発の結果、当初の目的である「レール張出し事故を実感できる」レベルの機能を有する試験装置を開発することができたので、今後、研修等大いに活用していく考えである。

また、今回の開発の過程で、軌きょう剛性（締結装置回りの抵抗力）がかなり影響することや、軌道変位が全くない状態に整備して試験を行うと、道床横抵抗力が全くない状態であっても、軸力が 40kg 超えても張出しが発生しないことなどがわかった。よって、今回の原理により、さらに大きな模擬試験装置を開発すれば、張出しのメカニズムの一部を解明できるのではないかと考えられる。

### 参考文献

- 1) 宮本俊光 渡辺偕年 編：線路—軌道の設計・管理 p478~p479 1980.7 ほか