

IV-270

ロングレールの軸力とふく進の関係

東日本旅客鉄道 正会員 ○小林 潤
東日本旅客鉄道 正会員 丹治 淳一

1. はじめに

ロングレール管理において、レール軸力の把握は実際の座屈（張出し）の危険性を定量的に測る上で重要である。現在その管理方法については、杭間縮み量等のデータを温度換算し間接的に軸力を算出して行っている。しかし、丹治らが行った現場での実測結果によれば軸力とふく進の間の相関性は小さいことがわかっている¹⁾。そこで、現場での様々な付加条件を極力排除するため、試験軌道を用い、載荷により軸力を与えてふく進との相関関係を調査した。今回はその結果について報告する。

2. ロングレールの安全度判定

ロングレールの張出しに対する安全度 α は、①式により算出している²⁾。

$$\alpha = 1.2 \times i^{0.535} \times \frac{1}{1 + \frac{\Delta T}{\Delta t_{\max}^N}} \quad \text{①}$$

ただし、

i : 道床横抵抗力比、 $\Delta t_{\max}^N$: 心得に定める最高レール温度よりの限度値

また、 ΔT は換算付加温度（ $= \Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3$ ）で、 ΔT_1 は設定温度の許容最低設定温度からの低下分、 ΔT_2 は冬期に低温時作業を行った場合の評価分である。一方、 ΔT_3 は不動区間のふく進による評価分で、杭の間隔を L （m）、杭間のレール縮み量を S （mm）として、②式で表される（ $R \geq 600$ の場合の例）。

$$\Delta T_3 = (S \times 10^{-3}) / \beta L \quad \text{②}$$

ただし、 β : 1.14×10^{-5} （レールの線膨張係数）

②式がふく進を間接的に温度換算していることに相当するが、これには以下の問題点が考えられる。

(1) レールのふく進が軸力の変化を正確に反映しているか？

(2) ②式は基本的にレールが自由伸縮する場合の温度換算を表しているが、実際のロングレールには締結装置による縦抵抗力が存在しているため自由伸縮ではなく、軸力の変化がすべてふく進量の変化に相当しない可能性がある。

そこで、これらの問題点を試験軌道で確認することとした。

3. 試験軌道の概要

試験軌道の略図を図-1に示す。軌間は1,067mm、マクラギ間隔は581mmである。

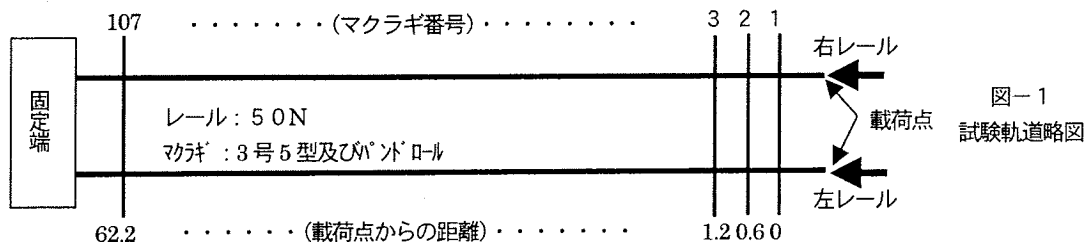


図-1
試験軌道略図

4. 試験の方法

3. の試験軌道を用い、軸力-ふく進測定試験を行った。軸力は油圧ジャッキ（100tf 用）をセットし、片側から加圧しながら各測点の軸力、レール及びマクラギ変位を測定した。加圧は60tf までを目標とし、5tf 刻みで行った。また、除荷も段階的に行った。軸力についてはレールの中立軸の両側にクロスゲージを貼付けて測定した。

5. 試験結果の検討

載荷・除荷の繰り返しに伴う各測点毎の荷重とレール変位およびマクラギ変位との関係の一例を図-2に示す。これについてまとめると以下になる。

- (1) 各測点毎のレール及びマクラギ変位は載荷・除荷に伴い、従来の測定及び理論と同様ヒステリシスループを描く。
- (2) 初回載荷時の残留変位（3～6mm）は固定端部で木材ブロックを組みこんだため、軸力増大とともに木材および隙間が圧縮され、レール全体の移動が生じたことによる。2回目以降新たに発生する残留変位はこれに比べて小さく、1～2mm 程度である。

キーワード：ロングレール、軸力、ふく進、ヒステリシス

連絡先：〒140-0005 東京都品川区広町 2-1-19

TEL:03-5709-3665 FAX:03-5709-3666

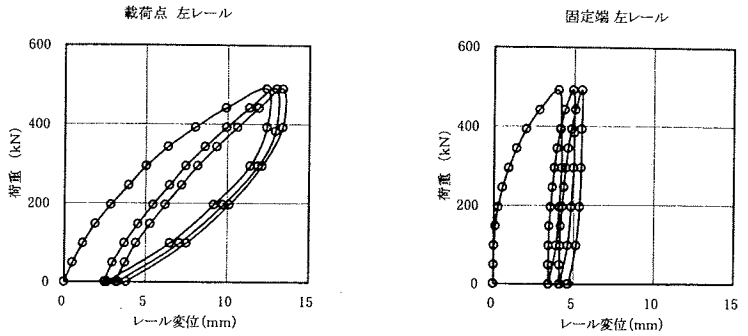
(3) 1 回目載荷時の残留変位は全区間ではほぼ等しく、軌きょう全体の移動が生じたことを示している。

(4) いずれの場合も載荷点に近いほど変位は大きく、遠方になるに従って変位は小さくなる。

なお、この試験はロングレール不動区間における付加軸力とふく進量の関係を想定して行ったものであり、載荷端における荷重は付加軸力に、レール変位はふく進量に相当する。試験の結果、両者の間にはほぼ理論的な予測と同様な関係のあることが確認された。

また、載荷点における荷重と、各測

点の軸力との関係については、載荷点近傍では両者の間にはほぼ正確な比例関係が認められ、載荷点側の端部では両者はほぼ一致したが、軸力は載荷点から遠ざかるにしたがって小さくなり両者の関係はヒステリシスループを描いた。これはふく進抵抗により、載荷点より遠方では除荷時に残留軸力が発生するためと考えられる。

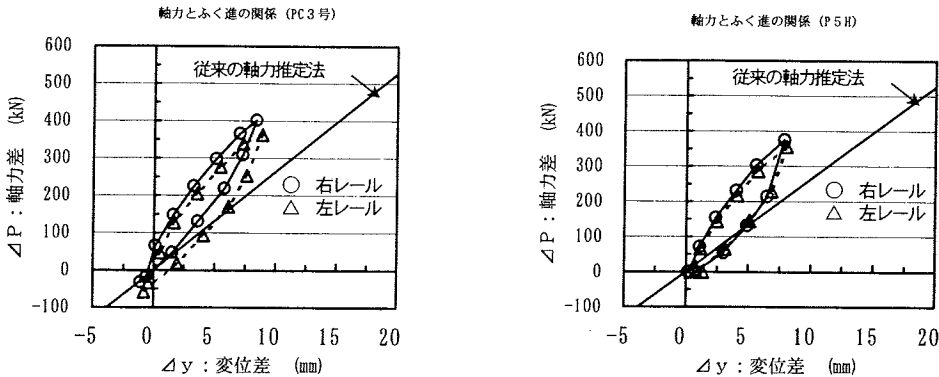


図－2 荷重とレール変位の関係

6. 考 察

今回の結果よりレール軸力とレール変位すなわちふく進の関係にはヒステリシス特性があることから、両者はレールの温度履歴の影響を受け、同一変位に対して複数の軸力値をとりうることになる。今回の試験データから、固定端から10m及び60mの2地点間のレール変位量の差と軸力の差の関係をPC3号とP5Hマクラギの場合について示した例を図－3に示す。

この図で横軸は2点間の変位差を、縦軸は同じく軸力差を表す。前者は実軌道における2点間のレール伸縮量に、後者は同じくレールの付加軸力に相当する。同図中に、従来の付加軸力推定法に基づく換算付加軸力を示す。



図－3 ふく進量と付加軸力の関係

このように、ふく進と付加軸力の関係はヒステリシスループとなり、レール温度履歴により付加軸力は同一伸縮量に対して一定の範囲で任意の値をとりうるということが分かる。このことから、複雑な温度履歴を伴う現場実測では両者の間に必ずしも明確な相関が得られない場合があることが想定される。

また同図において、付加軸力の実測値を従来の付加軸力推定法に基づく換算付加軸力と比較すると、全般に前者は後者を上回っていることがわかる。これは、従来の換算付加軸力の推定法ではレールの自由伸縮を想定しているのに対し、実際の軌道では、ふく進抵抗によってレールの伸縮が拘束されており、同一軸力状態では一般に上記の想定値より伸縮量が小さくなることによる。言い換えれば、実際の軸力は一定の伸縮量をもとに算出される換算付加軸力よりも一般に小さくなる。今回の試験結果では、軸力の増加過程（ヒステリシスループの上側）においての付加軸力（2点間の軸力差）は、推定軸力の2倍程度の値となっていることがわかる。

7. まとめ

今回の試験により、レール軸力とふく進量の関係については、レール温度や付加軸力履歴に依存したヒステリシス特性を有することから、複雑な軸力分布、ふく進履歴をもつ現場実測では必ずしも明確な相関が得られない場合があると考えられる。ロングレールの管理を安全で容易なものにするためにも、レール軸力の簡易な把握方法の確立は重要である。

文 献

- 1) 丹治淳一：バルクハウゼンノイズを用いたレール軸力測定手法によるロングレール軸力調査、日本鉄道施設協会誌、38-1、2000、pp. 25-28、日本鉄道施設協会
- 2) 須田征男 他：新しい線路、pp. 563-565、日本鉄道施設協会