

(IV-13) 押上げ法によるレール引張り力測定の理論解析

日本機械保線 フェロー 佐藤吉彦

1. はじめに

ロングレール軌道では、その軸力が温度とともに変化するが、この場合その中立温度がどのようなになっているかを知ることは、その安全管理上極めて重要である。軸力は、これを設定時から追跡するのであれば、良い精度でこれを測定できることが知られているが、これを随時測定することはきわめて困難であるとされてきた。これに関して近年イギリス、南アそしてアメリカで、冬季に引張り状態にあるときに一定長さを締結から開放し、押し上げることにより測定することが行われてきたが、理論的根拠が明らかにされていなかった。これを解析した結果について報告する。

2. 押上げ法によるレール軸力測定

1998年12月8/9日にパリで開かれたUIC-ERRIのInteractive Conference "Cost Effective and Safety Aspects of Railway Track"において、南アのJ.P.A. van Tonderから「ロングレールの中立温度の測定」と題する論文¹⁾が提出され、これに対して同様なことがなされていることがアメリカの運輸省ならびにイギリスの研究センタから紹介され、活発な議論がなされた。イギリスの作業についてはWCRR99でも紹介された²⁾。

この南アの論文の概要は次のとおりである。

「中立温度を求めるには、以前はレール切断で行っていたが、時間が掛かり強度も下がるという問題があった。この測定によって、道床クリーニングの際に通常行う応力緩和の70%が不要となった。R25000については試作機で、R5000については実用機で実施した。レールは、20mの区間のレールをまくらぎとの締結から開放し、その中央を70mm押し上げこの押し上げ力から軸力を推定し、そのときの温度から中立温度を求める。作業は4人で行い、レールに引張り力が働いている時だけ行う。」

この実測結果を示したのが図1である。この測定結果の特徴は、ゼロ軸引張り力のときの押し上げ力が、約1255kgfで、40tf引張り力に対する値が1750kgfでこの間を直線的に増加していることである。

また、これに対する討議は次のとおりであった。

Q. 急曲線はどこまでできるか? A. 800m以上、500mまでできる。

C1. アメリカでもやった。4℃以上なら曲線で引張られても戻すことができる。

C2. イギリスではVERSE (Vertical Rail Stiffness Equipment) と称する装置を1994年に製作し、現在までに500箇所での測定を実施した。30m開放で $\pm 1.3^{\circ}\text{C}$ の精度でR800以上の曲線を測定できる。

3. モデルに関する検討

モデルとしては、図2に示す(a)、(b)、(c)、(d)4つのモデル検討した。

このうち(a)は質量弦モデルであり、引張り力測定の基本をなすものであるが、計算の結果は実測値に対して、ゼロ引張り力570kgf、40tf引張り力1125kgfと過少であった。次に、(b)の両端固定梁モデルで検討の結果、これはゼロ引張り力1488kgf、40tf引張り力2154kgfと過大であった。(c)の両端弾性床上の梁モデルは、妥当と考えられる軌道ばね係数500kgf/cm²に対してゼロ引張り力1340kgf、40tf引張り力1959kgf

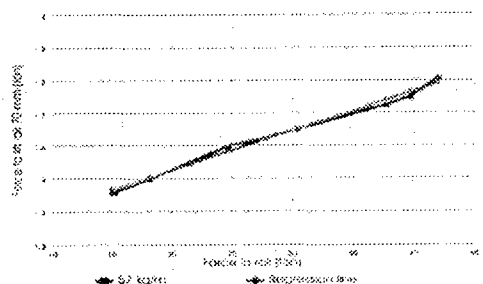


図1 Tonderによる試験結果

キーワード ロングレール、中立温度、軸引張り力、測定法、モデル解析

連絡先 160-0022 東京都新宿区新宿 3-36-10 新宿東洋ビル Tel:03-3352-3591 Fax:03-3358-5764

とこれも過大であった。これに関しては、軌道ばね係数を 125kgf/cm^2 に落としてほぼ同様の値であった。

一方、(d)の両端重量梁は解放区間の外側にまくらぎ重量も加えた軌框の浮き上がりを考えており、この計算の結果ゼロ引張り力の時のまくらぎ浮上がり区間は 2.77m 、押上げ力は 1250kgf 、 40tf 引張り力で浮上がり区間 3.43m 、押上げ力 1735kgf と Tonder の測定値と極めて良く合致した。したがって、この解析にはこの両端重量梁を用いるのが妥当なことが明らかにされた。

このモデルにより軸引張り力に対する押上げ力を計算したのが図 3 である。また、解放区間端における、まくらぎの浮き上がりは、 40tf 軸力の時 5.4mm である。

4. イギリスの測定に対する検討

イギリスは、 30m の区間を開放して押上げ力とそのときの押上げ量を測定しているとのことであるが、南アと同じ押上げ量 70mm の場合について、レールを UIC60 として計算すると、ゼロ引張り力でまくらぎ浮上がり区間 12cm 、押上げ力 1250kgf 、 50tf 引張り力で浮上がり区間 3.70m 押上げ力 1793kgf となる。まくらぎ端に置ける浮き上がりは 50tf 軸力の時 2.8mm である。

5. 日本における測定条件の提案

このような測定を東海道新幹線の 60kg レール 3T まくらぎの区間で、極端に寒い時に測定は行わないものとし、軸引張り力 55tf までの範囲で、まくらぎ解放区間端の軌框の浮上りを 3mm としてその開放区間を求めると、これは 12m となった。この時の押上げ力は図 4 のように与えられる。 55tf 引張り力時の軌框浮き上がり区間は 2.99m である。

6. むすび

以上の解析は、8 変数の 1 次連立方程式を解き、の超越関数をもつ 3 変数の連立方程式の解を求めるやや面倒なものであったが、この測定法の基本特性とともに、これがばねを含まず重力が主体で、誤差が少なく安定した魅力的な測定法であることが明らかにされた。

文献

- 1) van Tonder, J.P.A. "Determining the Stress-free Rail Temperature of continuous Welded Rails CWR" UIC-ERRI Interactive Conference, Paris (1998.12).
- 2) Lemmon, C. & Gostling, R. "The Non-destructive Measurement of Stress-free Temperature in Continuous Welded Rail" WCRR'99 DS3-3 (1999.10).

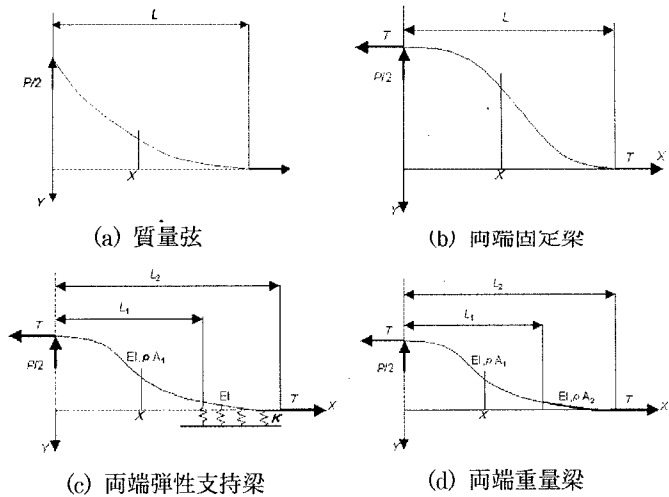


図 2 押上げ法による軸力測定モデル

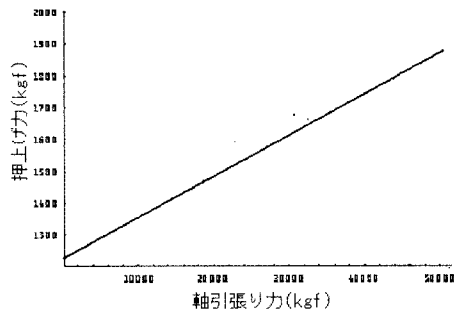


図 3 両端重量梁による押上げ力の計算

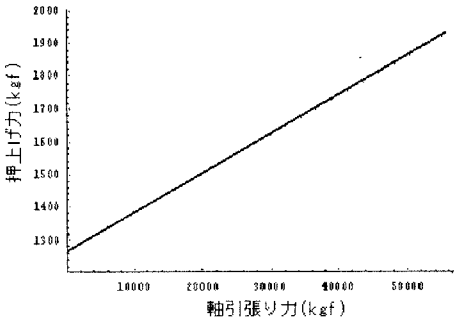


図 4 日本における押上げ力