

1. **まえがき** 向上法によるレール軸力測定は、冬季等引張り力が働いている場合だけに限られるが、極めて精度が良く優れた方法であることが明らかにされた<sup>1)</sup>。しかし、これを曲線に適用する場合の条件は明らかにされていなかった。そこで、これについて解析した結果について報告する。

2. **向上法によるレール軸力測定** レール軸力に関して、近年、冬季等引張り状態にあるときに一定長さを締結から開放し、その中央を向上することによりこれを測定することが、南ア<sup>2)</sup>、イギリス<sup>3)</sup>そしてアメリカで行われている。このうち、南アにおける経験に関して、次のように述べられている。

「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。20mの区間のレールをまくらぎとの締結から開放し、70mmを押し上げる。作業は4人でいき、レールに引張り力が働いている時だけ行う。」

これについて理論解析を行った結果、図1に示す両端重量梁のモデルにより極めて良く説明できた<sup>1)</sup>。このモデルはレールの質量ならびに剛性と両端のまくらぎ重量によるだけなので、誤差の入る余地が少なくまた試験結果とも極めて良い精度で合致し、優れた方法である。

そこで、これに関して日本で適用する場合の条件を検討した結果、60kgレールと3Tまくらぎを用い55tfまでの軸力において解放両端部のまくらぎの向上を3mm以下にするとした場合には、解放区間が24mとなり、その向上力とレール軸力の関係が図2のように与えられた。

この測定の曲線適用に関しては、南アの論文では「R25000については試作機で、R5000については実用機で実施した。」

とのことであったが、討議の中で

「イギリスでは800m以上、500mまでできる。」

「アメリカでは、4以上なら曲線で引張られても戻された。」

「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箇所測定を実施した。30m開放で±1.3°Cの精度でR800以上の曲線を測定できる。」

と述べられたがその根拠は明らかにされなかった。

3. **解析** そこで、この向上法による軸力測定を曲線に適用する場合に発生する現象について図3のモデルを用いて検討を行った。このモデルでは、レールを図3に示す軸力を

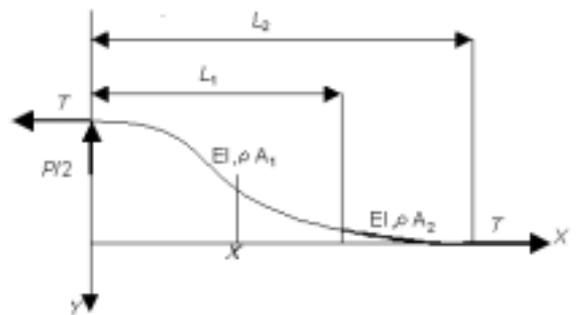


図1 向上法による軸力測定モデル

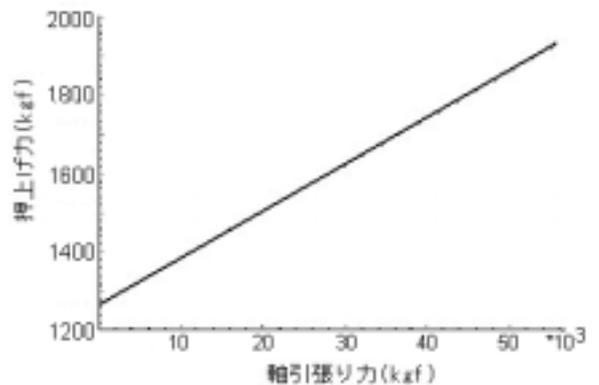


図2 向上力とレール軸力の関係

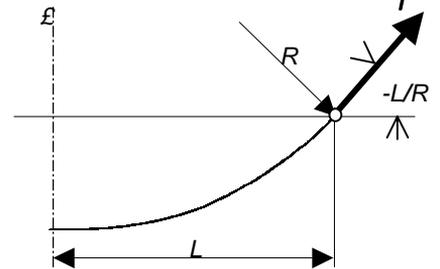


図3 解放区間のレールの形状

受けかつ開放された区間の両端を単純支持され、その両端で円弧の勾配となる梁を考えた。

この梁で軸力が働かない場合には、レールは円弧の形状となり、その中央の偏位は、図4の  $T=0tf$  の場合に相当する値をもち、曲率  $1/R$  に正比例する。東海道新幹線の継目区間の標準最小曲線  $R=500m(1/R=0.00002cm^{-1})$  とすれば、その値は約 14cm となるが、 $T=55tf$  の引張り力を受けると約 3cm に減ってしまい約 11cm 内側に移動することとなる。

これでは、軌道の線形を保つことが出来ないの、この変形を生じないようにレール向上箇所ではレールを受けることを考える。この場合、図5に示すように向上箇所では変形を抑制する力  $P$  を受けなければならないこととなる。この力がどの程度の値になるかを計算した結果が図6である。これによれば、 $R=500m$  の場合には 1300kgf 程度の力に耐えなければならないが、ロングレール区間の標準の最小曲線である  $R=2500m$  ( $1/R=0.000004cm^{-1}$ ) では 250kgf 程度となる。

一方、南アで実用機を用いて測定を行った  $R=5000m$  ( $1/R=0.000002cm^{-1}$ ) では 150kgf 程度なので、 $2.0tf$  近い向上力の反力に基づく摩擦力によってこれは十分受けられる。一方イギリスで可能であるとする 500m に関しては、その器具の構造がこの横荷重を十分受けられるように作られていると見られる。

また、この時解放区間端のまくらぎが受ける力は図7により  $R=500m$  で約 700kgf となり、まくらぎが片側レールに締結されていることを考えれば、道床横抵抗力に対して十分小さく横移動を生ずることはないものと考えられる。

**4. むすび** 以上を総合すると、向上法によるレール軸力測定は、これを直線から緩曲線に適用する場合には簡単な治具でこれを実施することができるが、これを曲線で実施する場合にはその形状を維持するに十分な力を受け、この力とともに向上力を測定することが必要であることが明らかにされた。

**文献 1)** 佐藤吉彦：“押上げ法によるレール引張り力測定の理論解析” 第 27 回関東支部技術研究発表会 (2000.3)。

**2)** van Tonder, J.P.A.: "Determining the Stress-free Rail Temperature of Continuous Welded Rails (CWR)" UIC-ERRI Interactive Conference, Paris (1998.12)。

**3)** Lemmon, C. & Gostling, R.: "The Non-destructive Measurement of Stress-free Temperature in Continuous Welded Rail" WCRR'99 DS3-3 (1999.10)。

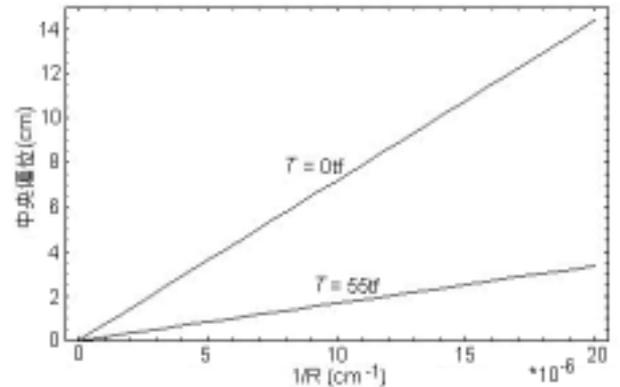


図4 曲線における解放区間の偏位

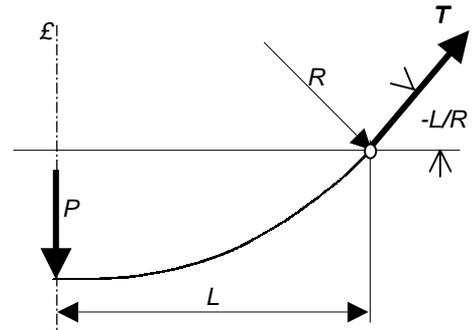


図5 変形を抑制するモデル

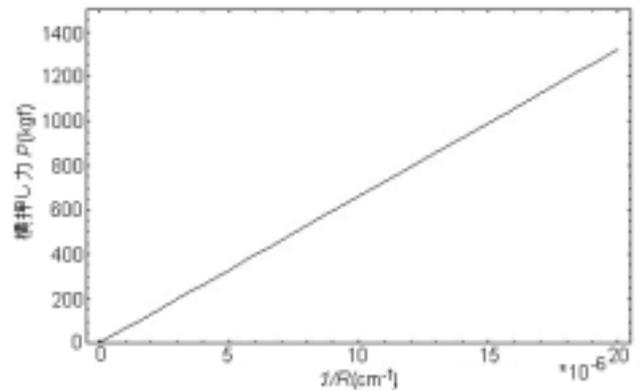


図6 曲線形状を維持する横押し力

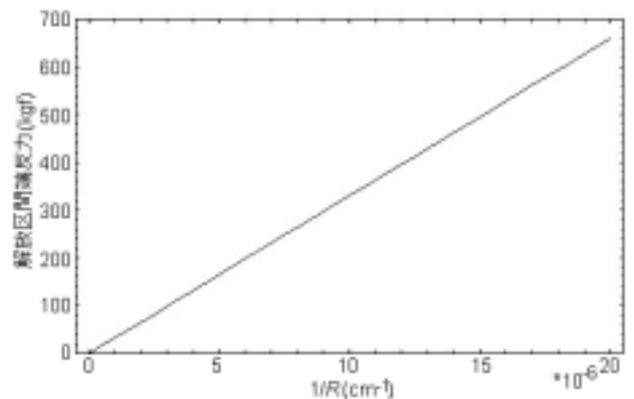


図7 解放区間端反力