

国鉄・鉄道技術研究所 正会員 宮井 徹
同 細川岳洋

1. まえがき

ロングレール軌道の座屈安定に関して、現在国鉄で汎用されている理論式はエネルギー法により最低座屈強さを求めたものである¹⁾。この場合、座屈を阻止するように作用する抵抗力として道床抵抗力と軌道剛性を考えており、いずれも塑性抵抗と見なしている。このうち、軌道剛性についてはレールの横剛性を含めてその倍数を表示しているが、その値は実験により一部求められていけるものの、通常の設計においては安全側としてレールの横剛性のみを見込んでいるのが現状である²⁾。

いずれにしても、こうした座屈発生後の安定計算では座屈発生条件を明らかにすることは難しく、特に軌道の線形あるいは軌道狂いといった要因を考えた場合、これらは座屈後の安定軸圧力よりも座屈発生時の軸圧力に大きく影響するものと考えられる。また、近年軌道の保守管理に関する軸圧力の増加に伴う初期の軌道変形に着目した研究を行なう必要が生じている。この場合重要なのは座屈に抵抗する諸力の初期特性であり、そのひとつとして軌道剛性を構成するレール継結装置の回転抵抗力があるが、これについて我国においてはその実態が明らかにされていなかった。

この報告は、レール継結装置の回転抵抗力試験結果について報告するとともに、座屈強さに及ぼす効果について検討したものである。

2. 試験概要

試験装置を写真1に示す。試験装置はマクラギ受台と加圧装置とからなり、マクラギ受台ごマクラギを固定し加圧装置により一方は押力、他方は引力を加え、回転力を与える構造となっている。

供試軌道は、50Nレール・3号5寸型および60kgレール・3号5寸型について継結装置の新品および中古品を用い、また個体差を考えてそれぞれ組とした。さらに、緊縮トルクの影響を調べるために、各々トルクを4

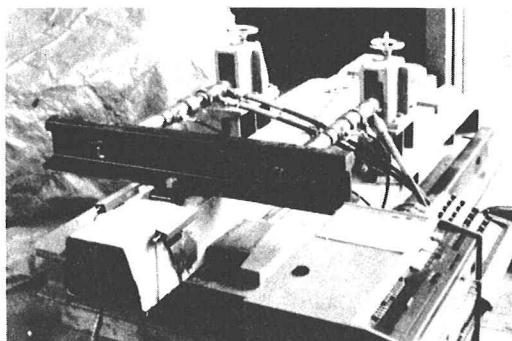


写真1 試験装置

段階に変えて試験を行なった。試験回数は同一条件ごとに3回としたので、全体では96回となった。

測定項目は回転抵抗力と回転角であるが、回転抵抗力は加圧装置に組み込んであるロードセルの読み取り値(押引同一値)に載荷点間隔(60cm)を乗じて算出し、回転角はマクラギ上側面に取り付けたポテンショメータによりレール底部の変位を測定し、これにより算出した。

3. 試験結果

3.1 供試軌道の回転抵抗力

継結装置を1,200kg/cmで緊締した場合の供試軌道の回転抵抗力と回転角の関係を図1に示す。

図によれば、一般的に回転抵抗力は0.005~0.01 rad.程度までの初期変位範囲で6.0 t-m/rad.の値を立ち上り、その後漸増し、回転角0.08~0.1 rad.付近より急増する傾向を示している。初期の立ち上りは摩擦抵抗によるものと考えられ、0.08 rad.付近からの急増は、レール・ゲージブロック・板バネ相互間の隙間が無くなつた状態にあるためと試算された。一方、座屈後の形状では最大回転角は0.05 rad.程度があり、この付近の値から回転抵抗力と回転角の関係を原点から直線近似して求めると、1.5~3.0 t-m/rad.となる。

50Nレール軌きょうと60kgレール軌きょうを比較すると、初期の立上りを除く、全般に60kgレール軌きょうが1.5倍程度の値を示している。しかし、試験体による差(①と②の差)が大きく、また新品と中古品の差も明確ではない。

3.2 緊縛トルク別抵抗力

緊縛トルク別の試験結果の一例を図1に示す。

回転抵抗力に及ぼす緊縛トルクの効果は顕著であり、標準1,200 kg·cmに対し、600 kg·cmでは回転抵抗力は約6割に減少している。

4. 座屈強さに及ぼす効果

平衡状態にある軌道の弾性曲線の方程式は一般に次式によると表わされる。

$$EI \frac{d^4y}{dx^4} + (\bar{P} - K) \frac{d^2y}{dx^2} + G(y) = 0$$

ただし、

EI : レールの横剛性

\bar{P} : 座屈領域における軸力(平衡軸力)

K : 回転抵抗力係数 ($t \cdot m / rad. / m$)

$G(y)$: 道床横抵抗力の特性

座屈強さに及ぼす回転抵抗力の効果についての詳細は今後の研究によるところとなるが、当面の目安として試験結果より計算すると、マクラギ間隔を60 cm とし、0.05 rad.程度までの範囲を考えると $K = 2.5 \sim 5.0 (t \cdot m / rad. / m)$ となり、これに相当する値($t \cdot m$)だけ平衡軸力を高めると、結果を有することになる。これを温度変化量に換算すると、レール種別も考慮して、 $2 \sim 3^\circ C$ に相当する。

一方、座屈発生軸圧力に対する初期の微小変位に着目すると、 $0.005 \sim 0.01 rad.$ 程度までの範囲では $K = 10.0 (t \cdot m / rad. / m)$ となり、温度変化量に換算して $5 \sim 6^\circ C$ の効果を有することになる。

5.まとめ

- (1) 現在採用されている在来線ロングレール軌道用補結装置について、その回転抵抗力を試験した結果、標準緊縛トルクで、初期の立上りは $6.0 t \cdot m / rad.$ であり、また $0.05 rad.$ 程度までの範囲では $1.5 \sim 3.0 t \cdot m / rad.$ である。
- (2) これより、座屈強さに及ぼす効果を計算すると、温度変化量に換算して $2 \sim 6^\circ C$ 程度が期待される。
- (3) 緊縛トルクが半減すると回転抵抗力は約6割に減少した。

参考文献

- 1) 沼田 奥「ロング・レールの座屈強さ」 鉄道技術研究報告 No. 721 1970年8月
- 2) 伊地知堅一「ロングレール作業」 鉄道規業社

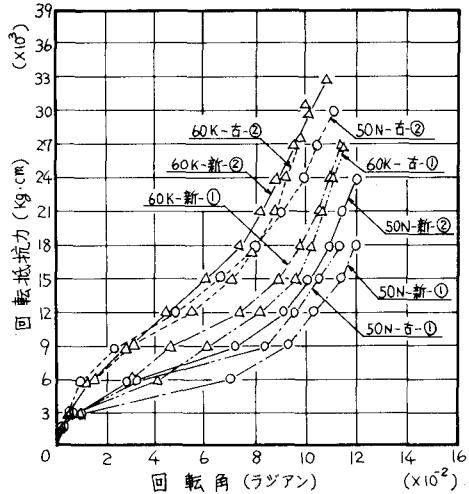


図1 供試軌きょう別抵抗力(緊縛トルク1200 kg·cm)

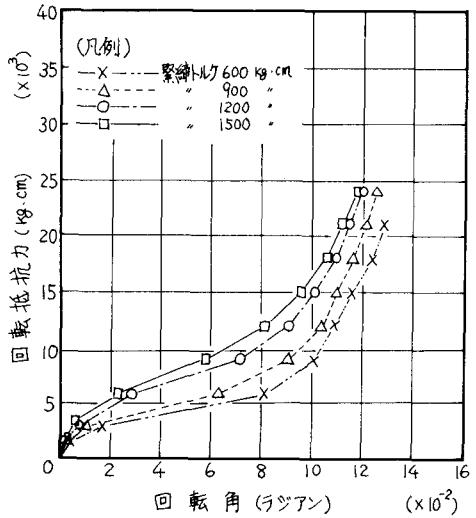


図2 緊縛トルク別抵抗力(50Nレール, 3号5型, 新)