

IV-315

レール締結装置の変位抵抗に着目した軌框剛性の検討

(財) 鉄道総合技術研究所
同正会員 三浦 重
正会員 柳川 秀明

1. まえがき

軌道の座屈抵抗力を決定する主要因に、道床横抵抗力和軌道の横剛性がある。これらの値は、レール1本あたりに換算した数値の大小によって座屈抵抗力に対する寄与度を評価することが出来る¹⁾。このうち、前者についてはまくらぎの横引き抵抗試験の結果から比較的簡単に算出することが可能で、過去において多くのデータが得られている。しかしながら、後者についてはこれを求めるための実験が大掛かりとなることなどから、従来必ずしも十分なデータが得られていない。そこで、レール締結装置の回転抵抗およびふく進抵抗に着目してこれを明らかにすることを試みた。

2. レール締結装置およびまくらぎによる軌框剛性増加効果

軌框の横剛性を明らかにする方法としては、従来、一定長さの2組の実軌框を、表裏逆にして組合せ、軌框面を地面と垂直にしてこれを吊り上げて自重による撓み量を測定する方法、コロの上にのせた軌框の両端を固定し、中央に荷重を掛けて水平変位を測定する方法などが用いられて来た。しかしながら、いずれも試験が大掛かりとなることから、各種の軌道について、一々実際にこれを確認することは行われていないのが現状である。そこで、比較的簡単に測定が可能なレール締結装置の回転抵抗とふく進抵抗に基づいて、図1によりこれを求めた。すなわち、レール締結装置部においてまくらぎに働くモーメントとレールに沿った力の釣合から、レールとまくらぎの間の回転角 ϕ と、座屈時等におけるレールの撓み角 θ との関係は以下のように求められる。

$$\begin{aligned}\phi &= \frac{a_1^2 k_R}{a_1^2 k_L + k_R} \theta \quad (\text{一般軌道}) \\ &= \frac{4 k_L (a_1^2 - a_1 a_2 + a_2^2)}{4 k_L (a_1^2 - a_1 a_2 + a_2^2) + 9 k_R} \theta \quad (\text{3線軌道}) \\ &= \frac{k_R (a_1^2 + a_2^2)}{(a_1^2 + a_2^2) k_L + 2 k_R} \theta \quad (\text{4線軌道}) \cdots (1)\end{aligned}$$

ただし

 k_R : レール/まくらぎ間回転抵抗係数(単位長さ当り) k_L : レール/まくらぎ間変位抵抗係数(単位長さ当り) a_1 : 狭軌側軌間 $\times 1/2$ a_2 : 標準軌側軌間 $\times 1/2$

すなわち、レールとまくらぎの間にはレール締結装置の回転抵抗と軸方向の変位抵抗により両者の相対回転角 ϕ に比例する抵抗モーメントが作用するが、(1)式から、この値はレールの撓み角に比例する。この抵抗モーメントは、レールの撓みを抑制する方向に作用するので、これによって軌框の剛性が増加することとなる。

3. 等価軌框剛性の算出方法

上記の等価的な剛性の増加量は以下により定量的に求められる。

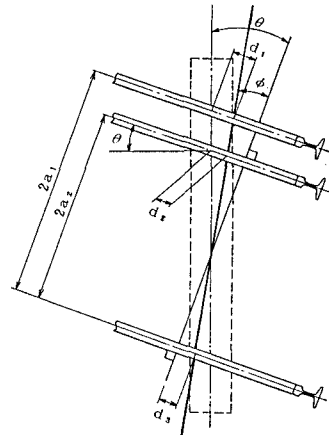
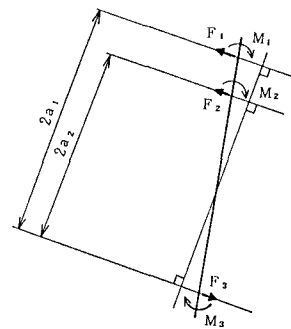


図1 軌框剛性の算出モデル(3線軌道)

軌框に、レールとまくらぎの間の相対回転角 ϕ に伴う分布抵抗モーメント $m = k_R \cdot \phi$ を作用させた場合の変形方程式は次式で表される。

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} - K_R \frac{d^2 y}{dx^2} = 0 \quad \dots (2)$$

ただし、

EI : レールの曲げ剛性

K_R : (1)式における θ と ϕ の比例係数

上式により求められる軌框の横変位量を、レールの横曲げ剛性のみを考慮した軌框の横変位量と比較し、両者の比を求めることによって、等価的な軌框剛性が算出される。例えば、中央で集中荷重 P を受ける長さ ℓ の単純梁について(2)式を解くと、

$$y = \frac{\cosh \beta (x + \ell)}{\cosh \beta \ell} \cdot \frac{P}{2EI\beta^3} - \frac{P(x - \ell)}{2EI\beta^2} \quad \dots (3)$$

ただし、 $\beta = \sqrt{K_R / EI}$

と表わされる。この式により求められる軌框の変位と、同一長さの単純梁の変位との比をとることによって等価軌框剛性を求めることが出来る。

4. 確認試験

上記による等価軌框剛性の算出方法の妥当性を検討するため、併設軌道用として設計されたレール締結装置について、図2および図3に示すようにふく進抵抗および回転抵抗を実測するとともに、実物軌道により軌框の横曲げ試験を実施した。この結果を示したのが表1である。表中に、横曲げ試験の結果得られた軌框剛性と、図2および図3に基づいて上記により計算した等価軌框剛性の値を比較して示した。この結果から明らかなように、両者は比較的良好に一致しており、上記による軌框剛性の算出方法は十分妥当性をもつと考えられる。また、この実験および解析の結果から、レール締結装置の回転抵抗を十分に高くすることにより、相当程度の軌框剛性の増加が期待できることが明らかになった。

5. まとめ

以上により、レール締結装置の回転抵抗とふく進抵抗に基づき、等価軌框剛性を算出することが可能となった。

文献

- 1) 沼田：ロングレールの座屈強さ、鉄研報告、No. 712、1970

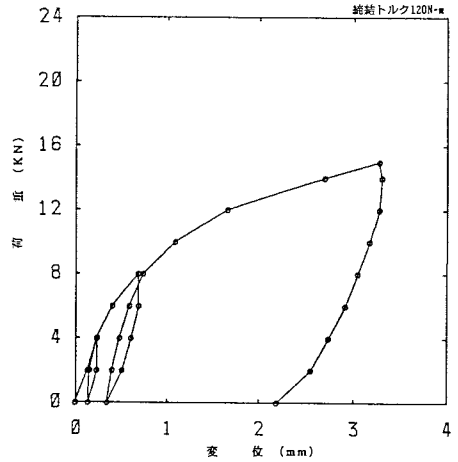


図2 ふく進抵抗測定結果（4線I形）

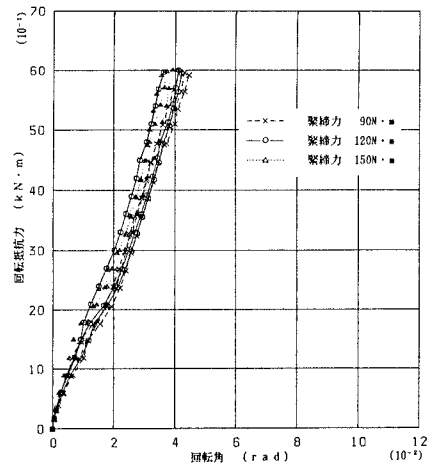


図3 回転抵抗測定結果（4線I形）

表1 軌框曲げ剛性試験結果（4線I形）

No.	軌きようの横引き スパン ℓ (cm)	引 張 力 P (kN)	レールの挽み量 δ (cm)	J_0 (cm ⁴) $= \frac{P \ell^3}{48 E \delta}$	J_0 / J ($J = 322 \text{ cm}^4$)	
					実 測	計 算
1	873.0	49.0	5.48	1504	4.67	3.78
2	873.0	49.0	5.12	1610	5.00	
3	873.0	49.0	5.32	1549	4.81	