

木まくらぎ軌道の横圧安全基準

名古屋工業大学 学生員 古池 友治

名古屋工業大学 正員 池守 昌幸

1. はじめに

車両の走行安全性判定基準のうち、車輪横圧に関する現行の基準は、横圧に対する軌間保持についての力学的性状を基礎として、これに締結装置ならびに横圧輪重の確率的性質を加えて定められている。本研究は、その後得られた横圧・輪重の確率特性についての習識と理論的補強を加えて、木まくらぎ軌道の横圧安全基準についての再構築を行うことを目的とする。木まくらぎ軌道をとりに上げたのは、木まくらぎ軌道では横圧強度は同時に作用する輪重が関係してPCまくらぎ軌道よりも取扱いが複雑であること、また今後下級線区などでまくらぎのPC化による軌道強化を行わずに列車の高速化を図る場合が多くなると考えられることによる。

2. 研究方法

軌間拡大に関する横圧安全基準は、軌道構造についてタイプレートの有無別にそれぞれ第1限度、第2限度が定められている。このうち第2限度とは、横圧母集団において犬くぎ支持強度の比例限度を超える確率が1%以下となることを目安に定められたもの、第1限度とは、同じく降伏限度をとったものとされている。横圧ならびに犬くぎ支持強度は正規分布すると見なすことができ、前記の限度条件を満たす輪重別の横圧母集団の平均値は式(1)から得られる。

$$(\mu_{gIP} - m_{gIP} + k_a m_a) / \sqrt{\delta^2 m_{gIP}^2 + k_a^2 \sigma_a^2} \geq U_\alpha \quad (1)$$

m_{gIP} : 横圧の条件付平均値 μ : レール・まくらぎ間摩擦係数 P : 輪重

k_p, k_a : 軌道構造により定まる値 m_a : 犬くぎ押し抵抗平均値 δ : 横圧の変動係数

σ_a : 犬くぎ押し抵抗の分散 U_α : 正規分布表で重(U_α) = $1 - \alpha$ となる点

タイプレートありの場合は k_a を2 k_a とする

横圧は一定周期の脈動波形となり、そのピーク値が出る周期はほぼ29.4秒である。これより区間最大値を抽出する単位を500mとすれば17個のピーク値が出、この中の最大値を区間最大値とする。横圧限度を超える区間最大横圧の出現確率 $G(g_e(P))$ は、

$$G(g_e(P)) = 1 - e \times p(-e^{-g_e(P)}) \quad (2)$$

$$\text{ここに、} g_e(P) = 1.941 \left(\frac{g_e(P) - m_{gIP}}{\sigma_{gIP}} - 1.563 \right)$$

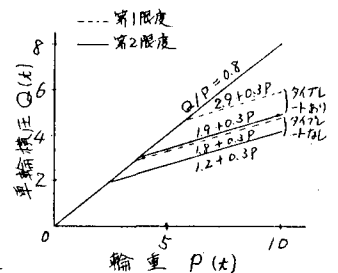
$$g_e(P) = 0.3P + a$$

$g_e(P)$: 横圧限度

a : 限度種別、タイプレートの有無により定まる定数

より求まる。

式(2)は輪重を与えたときのものであったが、輪重の分布を考えに入れると全輪重範囲で区間最大横圧が横圧限度を超える確率 P_m は、輪重分布を正規分布として式(3)より求まる。



$$P_m = \int_{-\infty}^{\infty} G(\mu_p(p)) \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_p} \exp\left(-\frac{(p-\mu_p)^2}{2\sigma_p^2}\right) dp \quad (3)$$

μ_p, σ_p : それぞれ輪重の平均値、標準偏差

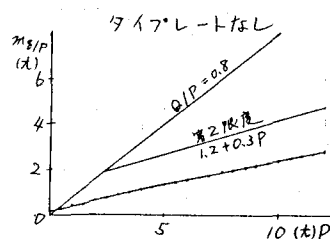
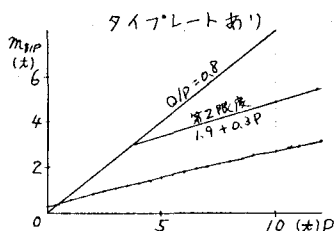
横圧限度を超える確率が P_m のとき、判定区間数 N で横圧限度を超える個数が K 個出現する確率 $P_K(K)$ は、 $N P_m \leq 5$ のときはポアソン分布、 $N P_m > 5$ のときは二項分布となる。そして K を変化させていったときのそれぞれの $P_K(K)$ の総和が 0.99 以上になるときの K の値 (この時の値を T とする) を求める。次に比例限度 α を変化する確率 α を変化させ、それぞれ $P_K(K)$ の T までの総和を求める。これが各 α における第 2 種の誤り β 、式 (4) で求める。

$$P_K(T) = \sum_{k=0}^T P_K(K) \quad (4)$$

3. 計算結果

第 2 限度、50 N レールの場合を例として示す。

(i) 第 2 限度を満たす横圧の平均値



(ii) 第 2 限度の超過確率 P_m

タイプレートあり

平均輪重 (kg)	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
$P_m (\times 10^{-2})$	0.28	0.44	0.66	0.93	1.25

タイプレートなし

平均輪重 (kg)	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
$P_m (\times 10^{-2})$	0.98	1.38	1.83	2.32	2.83

(iii) 超過数が K となる確率 $P_K(K)$ (平均輪重 6.5 kg、 $N = 30$ の場合)

タイプレートあり

K	$P_K(K)$	合計
0	0.756	0.756
1	0.211	0.967
2	0.030	0.997

タイプレートなし

K	$P_K(K)$	合計
0	0.499	0.499
1	0.347	0.846
2	0.121	0.966
3	0.028	0.994

(iv) α を変化したときの第 2 種の誤り $P_K(T)$

	α	0.02	0.03	0.04	0.05
タイプレートあり ($T=2$)	$P_K(T)$	0.883	0.512	0.173	0.023
タイプレートなし ($T=3$)	$P_K(T)$	0.901	0.649	0.361	0.132