

6 負荷荷重及び寿命計算

リニアレールシステムに作用する荷重を計算する場合、装置の重心位置、推力位置及び起動停止の時の速度変化、外力等の要因を考慮しなければなりません。

6-1. 負荷荷重計算

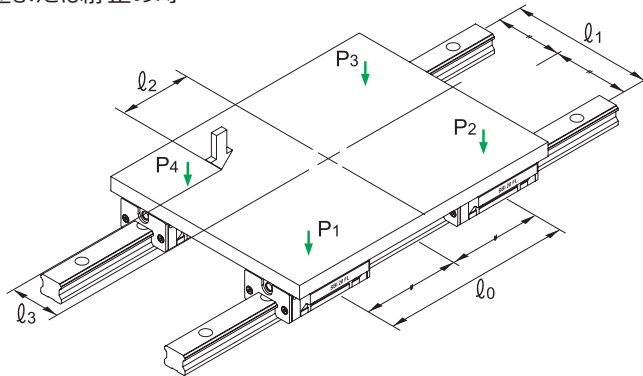
●負荷荷重計算の必要条件

m	: 負荷荷重	(kg)	g	: 重力加速度 (9.8 m / S ²)	(m / S ²)
ℓ _n	: 距離	(mm)	v	: 使用速度	(m / S)
P _n	: ラジアル・逆ラジアル方向荷重	(N)	a _n	: 加速度	(m / S ²)
P _{nT}	: 水平方向荷重	(N)			

●負荷荷重計算 ブロック 1 個当たりの荷重

使用条件 1 水平軸使用

等速または静止の時



$$P_1 = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} - \frac{mg \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1}$$

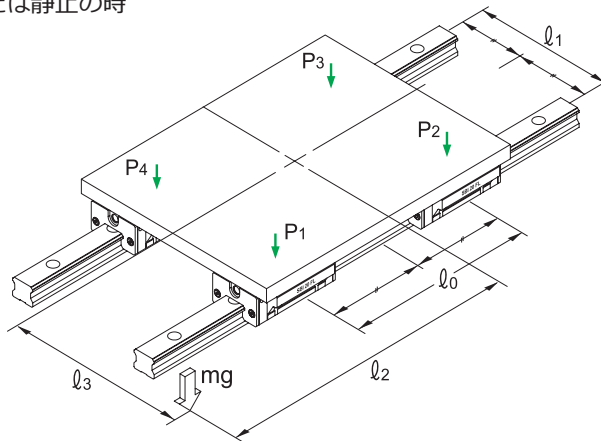
$$P_2 = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} - \frac{mg \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1}$$

$$P_3 = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} + \frac{mg \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1}$$

$$P_4 = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} + \frac{mg \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1}$$

使用条件 2 水平軸オーバーハング使用

等速または静止の時



$$P_1 = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} + \frac{mg \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1}$$

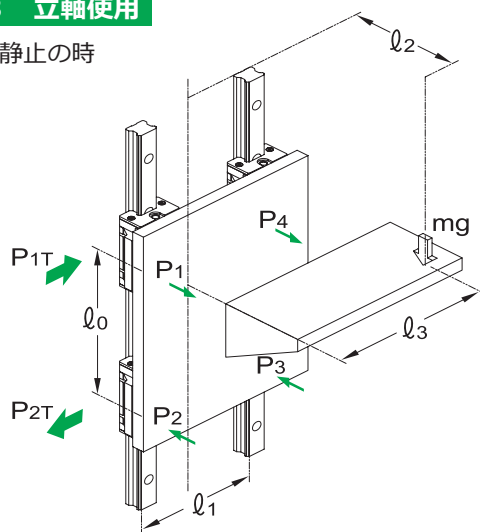
$$P_2 = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} + \frac{mg \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1}$$

$$P_3 = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} - \frac{mg \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1}$$

$$P_4 = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} - \frac{mg \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1}$$

使用条件 3 立軸使用

等速または静止の時

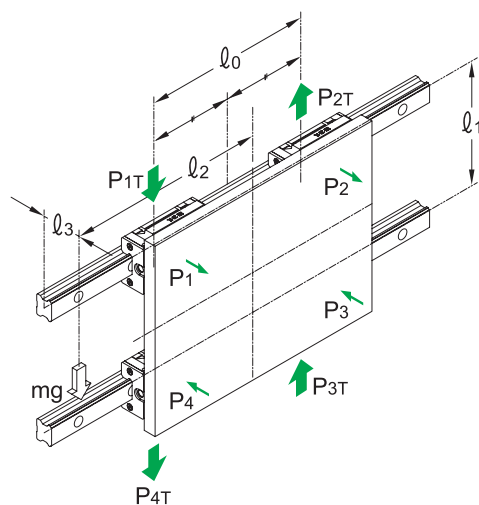


$$P_1 \sim P_4 = \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$$

$$P_{1T} \sim P_{4T} = \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$$

使用条件 4 壁掛け使用

等速または静止の時



$$P_1 \sim P_4 = \frac{mg \cdot l_3}{2 \cdot l_1}$$

$$P_{1T} = P_{4T} = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$$

$$P_{2T} = P_{3T} = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$$

SBC

リニアレール

ミニチュアリニアレール

ローカリニアレール

リニアブッシュ

転造ボールねじ

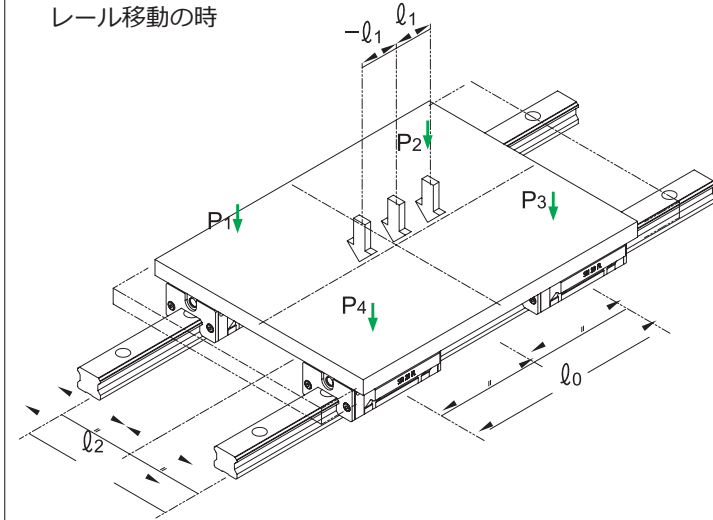
サポートユニット

クロスローラ

6 負荷荷重及び寿命計算

使用条件5 水平軸使用

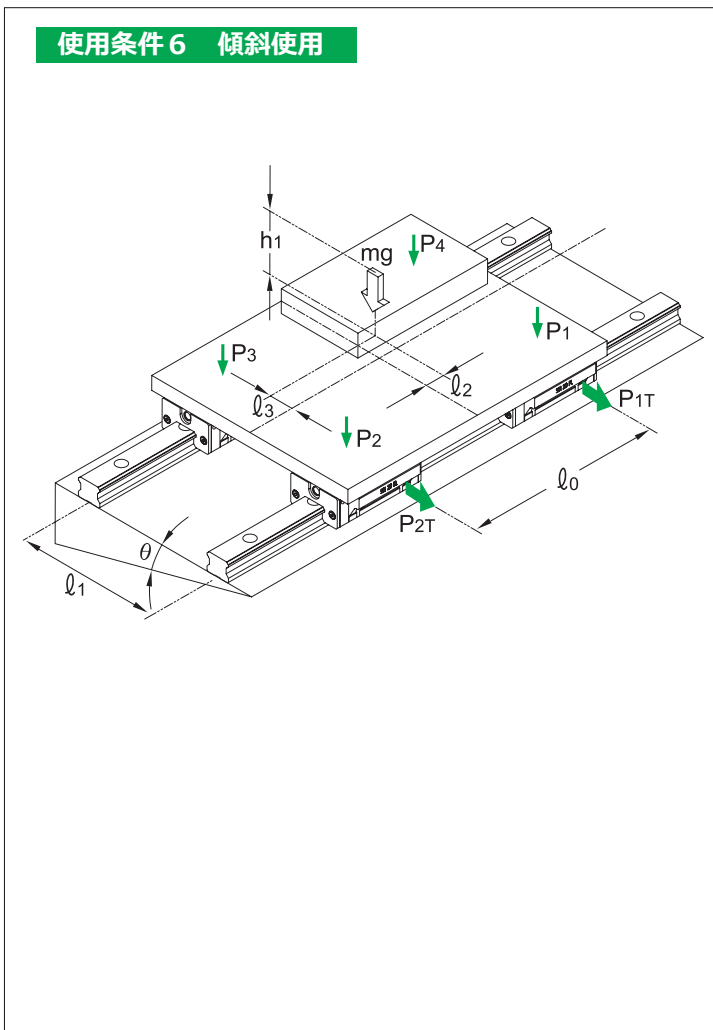
レール移動の時



$$P_1 \sim P_{4(max)} = \frac{mg}{4} + \frac{mg \cdot l_1}{2 \cdot l_0}$$

$$P_1 \sim P_{4(min)} = \frac{mg}{4} - \frac{mg \cdot l_1}{2 \cdot l_0}$$

使用条件6 傾斜使用



$$P_1 = \frac{mg \cdot \cos \theta}{4} + \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0} - \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot h_1}{2 \cdot l_1}$$

$$P_{1T} = \frac{mg \cdot \sin \theta}{4} + \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$$

$$P_2 = \frac{mg \cdot \cos \theta}{4} - \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0} - \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot h_1}{2 \cdot l_1}$$

$$P_{2T} = \frac{mg \cdot \sin \theta}{4} - \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$$

$$P_3 = \frac{mg \cdot \cos \theta}{4} - \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0} + \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot h_1}{2 \cdot l_1}$$

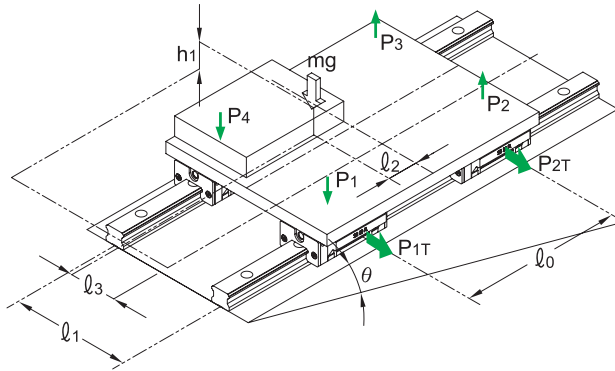
$$P_{3T} = \frac{mg \cdot \sin \theta}{4} - \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$$

$$P_4 = \frac{mg \cdot \cos \theta}{4} + \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0} + \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot h_1}{2 \cdot l_1}$$

$$P_{4T} = \frac{mg \cdot \sin \theta}{4} + \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$$

使用条件 7 前面傾斜使用

等速または静止の時



$$P_1 = \frac{mg \cdot \cos \theta}{4} + \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0} - \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot h_1}{2 \cdot l_0}$$

$$P_{1T} = \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$$

$$P_2 = \frac{mg \cdot \cos \theta}{4} - \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0} - \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot h_1}{2 \cdot l_0}$$

$$P_{2T} = -\frac{mg \cdot \sin \theta \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$$

$$P_3 = \frac{mg \cdot \cos \theta}{4} - \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0} + \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} - \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot h_1}{2 \cdot l_0}$$

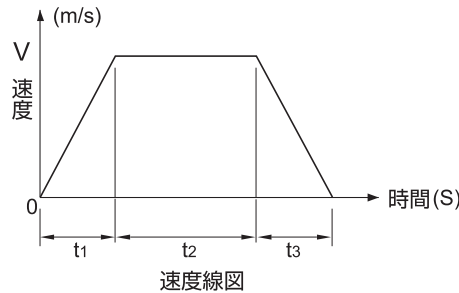
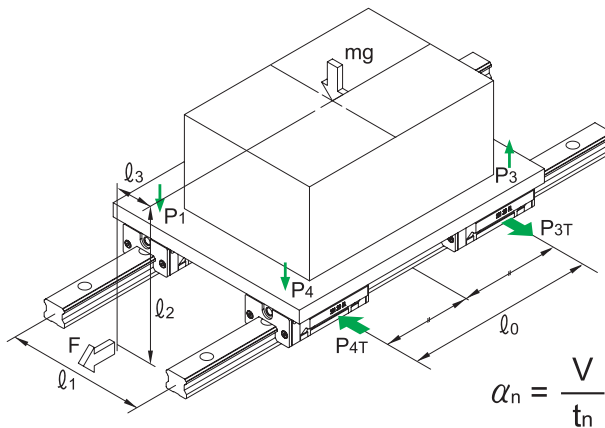
$$P_{3T} = -\frac{mg \cdot \sin \theta \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$$

$$P_4 = \frac{mg \cdot \cos \theta}{4} + \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_2}{2 \cdot l_0} + \frac{mg \cdot \cos \theta \cdot l_3}{2 \cdot l_1} + \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot h_1}{2 \cdot l_0}$$

$$P_{4T} = \frac{mg \cdot \sin \theta \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$$

使用条件 8 加減速作用する水平軸使用

レール移動の時



●加速時

$$P_1 = P_4 = \frac{mg}{4} - \frac{m \cdot \alpha_1 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$$

$$P_2 = P_3 = \frac{mg}{4} + \frac{m \cdot \alpha_1 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$$

$$P_{1T} = P_{4T} = \frac{m \cdot \alpha_1 \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$$

●等速時

$$P_{1T} = P_{4T} = \frac{mg}{4}$$

●減速時

$$P_1 = P_4 = \frac{mg}{4} + \frac{m \cdot \alpha_3 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$$

$$P_2 = P_3 = \frac{mg}{4} - \frac{m \cdot \alpha_3 \cdot l_2}{2 \cdot l_0}$$

$$P_{1T} = P_{4T} = \frac{m \cdot \alpha_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$$

$$P_{2T} = P_{3T} = \frac{m \cdot \alpha_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_0}$$

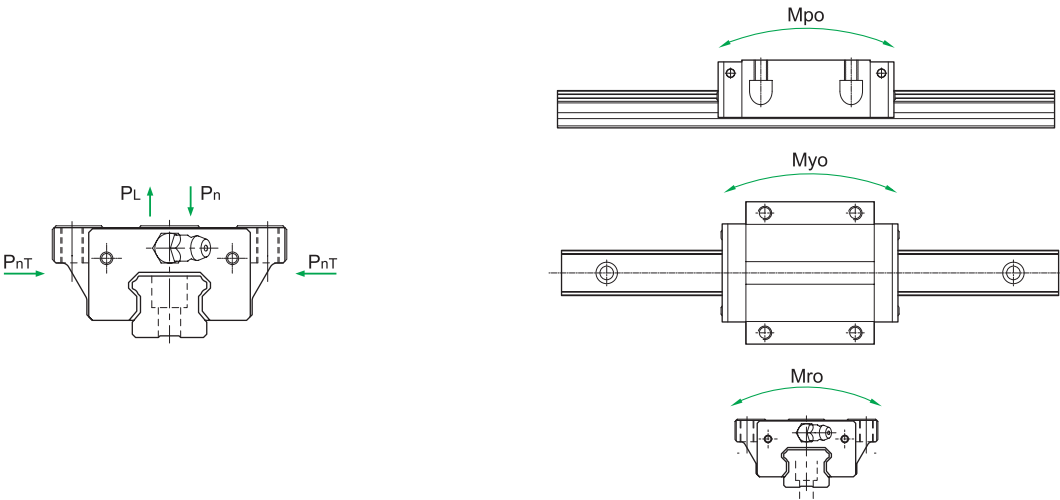
6 負荷荷重及び寿命計算

6-2. 等価荷重の算出

リニアレールシステムはラジアル・逆ラジアル・横・水平方向の荷重やモーメントを同時に負荷できます。従って、複数の荷重が同時に負荷する場合はラジアル荷重または横荷重に換算された等価荷重を使用して寿命計算や静的安全係数を算出します。

$$P_E(\text{等価荷重}) = P_n + P_{nT}$$

P_n	ラジアル荷重 (N)	M_{ro}	ローリング方向モーメント
P_L	逆ラジアル荷重 (N)	M_{po}	ピッチング方向モーメント
P_{nT}	横方向荷重 (N)	M_{yo}	ヨーイング方向モーメント



6-3. 静的安全係数（fs）の算出

荷重を算出する場合、寿命計算に使う平均荷重と静的安全係数の算出に使う最大荷重を算出する必要があります。リニアレールシステムに振動・衝撃、または外部圧力、オーバーハング荷重によるモーメント荷重がかかる場合型番選定の際には、算出された最大荷重が基本静定格荷重の何倍かにより、安全率を確認してください。

● 静的安全係数計算式

$$f_s \leq \frac{f_H \cdot f_T \cdot f_c \cdot C_o}{P_n}$$
 ラジアル方向荷重が大きい場合

$$f_s \leq \frac{f_H \cdot f_T \cdot f_c \cdot C_{oL}}{P_L}$$
 逆ラジアル方向荷重が大きい場合

$$f_s \leq \frac{f_H \cdot f_T \cdot f_c \cdot C_{oT}}{P_{nT}}$$
 横方向荷重が大きい場合

- f_s : 静的安全係数
- C_o : ラジアル方向基本静定格荷重 (N)
- C_{oL} : 逆ラジアル方向基本静定格荷重 (N)
- C_{oT} : 水平軸方向基本静定格荷重 (N)
- P_n : ラジアル方向計算荷重 (N)
- P_L : 逆ラジアル方向計算荷重 (N)
- P_{nT} : 水平軸方向計算荷重 (N)
- f_H : 硬さ係数
- f_r : 温度係数
- f_c : 接触係数

静的安全係数 f_s の下眼値

使用条件	静的安全係数
振動衝撃のない円滑な運転条件のとき	1～2
振動衝撃が少ない普通運転条件のとき	2～4
振動衝撃がある運転条件のとき	2.5～7

6—4. 平均荷重の算出

リニアレールシステムにかかる荷重が大幅変動する場合、寿命計算には平均荷重を用います。平均荷重とは変動する荷重と等しい寿命となるような一定荷重をいいます。

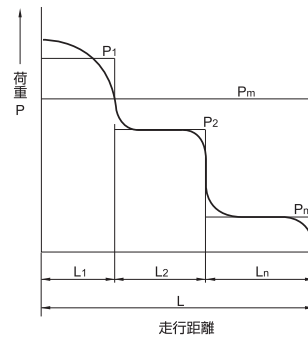
●平均荷重計算式（転動体がボールの時）

P_m	：平均荷重	(N)
P_n	：変動荷重	(N)
L	：総走行距離	(mm)
L_n	： P_n 荷重下での走行距離	(mm)
P_{min}	：最小変動荷重	(N)
P_{max}	：最大変動荷重	(N)

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{L} \cdot \sum_{n=1}^n (P_n^3 \cdot L_n)}$$

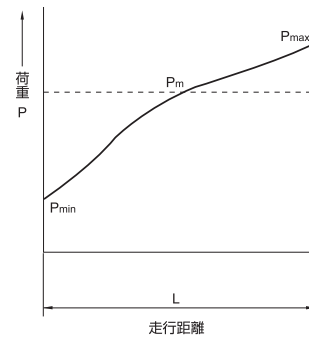
1. 段階的变化の場合

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{L} (P_1^3 \cdot L_1 + P_2^3 \cdot L_2 + \dots + P_n^3 \cdot L_n)} \dots (1)$$



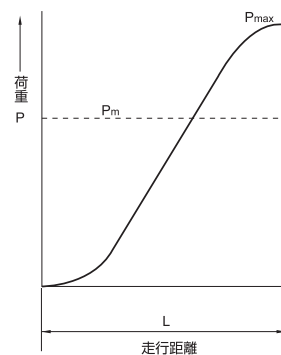
2. 単純的变化の場合

$$P_m \approx \frac{1}{3} (P_{min} + 2 \cdot P_{max}) \dots (2)$$

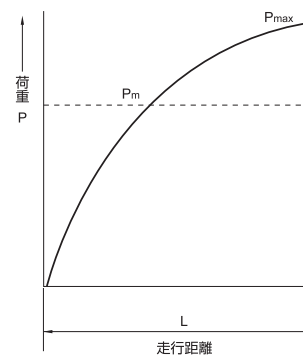


3. 正弦曲線的に変化する場合

$$a) P_m \approx 0.65 P_{max} \dots (3)$$



$$b) P_m \approx 0.75 P_{max} \dots (4)$$



6—5. 定格寿命計算

●転動体がボールの場合

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C}{f_W} \cdot \frac{C}{P_C} \right)^3 \times 50$$

- L : 定格寿命 (Km)
 - P_C : 計算荷重 (N)
 - C : 基本動定格荷重 (N)
 - f_H : 硬さ係数
 - f_r : 温度係数
 - f_W : 荷重係数
- } P.595 参照ください。