

定格寿命の算出

LMガイドの寿命は同じように製作されたものを同一運転条件で使用しても、バラツキがあります。このためLMガイドの寿命を求める目安として、つぎのように定義された定格寿命を使用します。定格寿命とは、一群の同じLMガイドを同じ条件で個々に運動させたとき、そのうちの90%がフレーキング(金属表面のうろこ状のはく離)をおこすことなく到達できる総走行距離をいいます。

定格寿命の算出

定格寿命(L_{10})は基本動定格荷重(C)とLMガイドに負荷される計算荷重(P_c)から次式により求められます。

ボールを使用したLMガイドの場合は定格寿命が50kmとなる基本動定格荷重、ローラーを使用したLMガイドの場合は定格寿命が100kmとなる基本動定格荷重を使用し、定格寿命を算出します。

- ボールを使用したLMガイドの場合 (定格寿命が50kmとなる基本動定格荷重を使用)

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P_c} \right)^3 \times 50 \dots\dots\dots(1)$$

L_{10} : 定格寿命 (km)

C : 基本動定格荷重 (N)

P_c : 計算荷重 (N)

- ローラーを使用したLMガイドの場合 (定格寿命が100kmとなる基本動定格荷重を使用)

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P_c} \right)^{\frac{10}{3}} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

※ストローク長さがLMブロック長さの2倍以下の場合は、上記の定格寿命式が適用されない可能性があります。

定格寿命(L_{10})の比較を行う際には、基本動定格荷重が50km、100kmのどちらで定義しているかを考慮する必要があり、必要に応じてISO 14728-1に基き基本動定格荷重の換算を行います。

ISOで規定されている基本動定格荷重の換算式:

- ボールを使用したLMガイドの場合

$$C_{100} = \frac{C_{50}}{1.26}$$

C_{50} : 定格寿命が50kmとなる基本動定格荷重

C_{100} : 定格寿命が100kmとなる基本動定格荷重

- ローラーを使用したLMガイドの場合

$$C_{100} = \frac{C_{50}}{1.23}$$

使用条件を考慮した定格寿命の算出

実際の使用では稼動中に振動や衝撃を伴う場合が多いため、LMガイドへの作用荷重の変動が考えられ正確に把握することは容易ではありません。また、転動面の硬さや使用環境温度、LMブロックを密着に近い状態で使用する場合も寿命に大きく影響します。

これらの条件を考慮すると、次式(3)及び(4)により使用条件を考慮した定格寿命(L_{10m})を算出することができます。

●使用条件を考慮した係数 α

$$\alpha = \frac{f_H \cdot f_T \cdot f_C}{f_W}$$

α : 使用条件を考慮した係数

f_H : 硬さ係数 (B1-75 図10参照)

f_T : 温度係数 (B1-75 図11参照)

f_C : 接触係数 (B1-75 表2参照)

f_W : 荷重係数 (B1-76 表3参照)

●使用条件を考慮した定格寿命 L_{10m}

- ボールを使用したLMガイドの場合

$$L_{10m} = \left(\alpha \times \frac{C}{P_C} \right)^3 \times 50 \dots\dots\dots(3)$$

L_{10m} : 使用条件を考慮した定格寿命 (km)

C : 基本動定格荷重 (N)

P_C : 計算荷重 (N)

- ローラーを使用したLMガイドの場合

$$L_{10m} = \left(\alpha \times \frac{C}{P_C} \right)^{\frac{10}{3}} \times 100 \dots\dots\dots(4)$$

定格寿命(L_{10})が求められると、ストローク長さや往復回数が一定の場合、寿命時間は次式により求められます。

$$L_h = \frac{L_{10} \times 10^6}{2 \times l_s \times n_1 \times 60}$$

L_h : 寿命時間 (h)

l_s : ストローク長さ (mm)

n_1 : 毎分往復回数 (min^{-1})

オイルフリーLMガイドの定格寿命計算式

$$L_{10m} = \left(\frac{F_o}{\alpha \cdot P_C} \right)^{1.57} \times 50$$

L_{10m} : 定格寿命 (km)

F_o : 許容荷重 (N)

P_C : 計算荷重 (N)

α : 使用条件を考慮した係数

注) 寿命はS膜の摩耗による寿命を表しております。

使用環境や稼動条件によりS膜の寿命は変動する可能性がありますので、必ずお客様の使用環境や稼動条件での評価確認をお願い致します。

【 f_H :硬さ係数】

LMガイドの負荷能力を十分発揮させるためには、転動面の硬さを58~64HRCとする必要があります。

この硬さより低い場合、基本動定格荷重および基本静定格荷重が低下しますので、それぞれに硬さ係数(f_H)を乗じます。

通常、LMガイドは十分な硬さが確保されているので $f_H = 1.0$ になります。

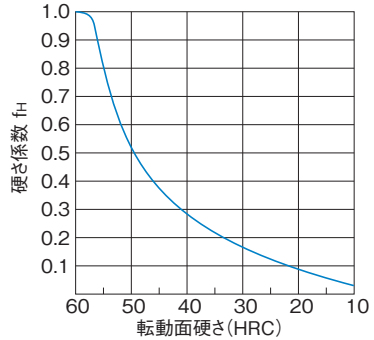


図10 硬さ係数(f_H)

【 f_T :温度係数】

LMガイドを使用する使用環境が100℃をこえるような高温の場合は、高温による悪影響を考慮して図11の温度係数を乗じます。

また、LMガイドも高温対応の製品にする必要がありますのでご注意ください。

注) 高温対応LMガイド以外は80℃以下でご使用ください。

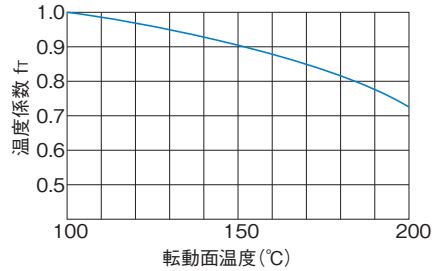


図11 温度係数(f_T)

【 f_C :接触係数】

LMブロックを密着状態で使用する場合は、モーメント荷重や取付面精度が影響し均一な荷重分布を得ることが難しいため、複数のブロックを密着使用する場合は表2の接触係数を基本定格荷重(C)、(C_0)に乗じてください。

注) 大型の装置に不均一な荷重分布が予想される場合は表2の接触係数を考慮してください。

表2 接触係数(f_C)

密着時のブロック数	接触係数 f_C
2	0.81
3	0.72
4	0.66
5	0.61
6以上	0.6
通常使用	1

【 f_w :荷重係数】

一般的に往復運動をする機械は運転中に振動や衝撃を伴うものが多く、特に高速運転時に発生する振動や、常時繰返される起動停止時の衝撃などのすべてを正確に求めることは困難です。従って、速度・振動の影響が大きい場合は、経験的に得られた表3の荷重係数を基本動定格荷重(C)に除してください。

表3 荷重係数(f_w)

振動・衝撃	速度(V)	f_w
微	微速の場合 $V \leq 0.25\text{m/s}$	1~1.2
小	低速の場合 $0.25 < V \leq 1\text{m/s}$	1.2~1.5
中	中速の場合 $1 < V \leq 2\text{m/s}$	1.5~2
大	高速の場合 $V > 2\text{m/s}$	2 ~ 3.5

定格寿命の算出例(1)ー水平使用で加減速が速い場合ー

【使用条件】

形 番: HSR35LA2SS+2500LP-II

(基本動定格荷重: $C = 65.0 \text{ kN}$)

(基本静定格荷重: $C_0 = 91.7 \text{ kN}$)

質 量: $m_1 = 800 \text{ kg}$ 距 離: $l_0 = 600 \text{ mm}$

$m_2 = 500 \text{ kg}$ $l_1 = 400 \text{ mm}$

速 度: $V = 0.5 \text{ m/s}$ $l_2 = 120 \text{ mm}$

時 間: $t_1 = 0.05 \text{ s}$ $l_3 = 50 \text{ mm}$

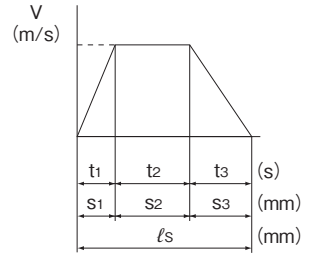
$t_2 = 2.8 \text{ s}$ $l_4 = 200 \text{ mm}$

$t_3 = 0.15 \text{ s}$ $l_5 = 350 \text{ mm}$

加 速 度: $\alpha_1 = 10 \text{ m/s}^2$

$\alpha_3 = 3.333 \text{ m/s}^2$

ストローク: $l_s = 1450 \text{ mm}$



重力加速度 $g = 9.8 \text{ (m/s}^2\text{)}$

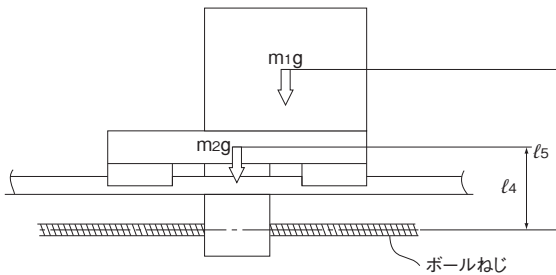
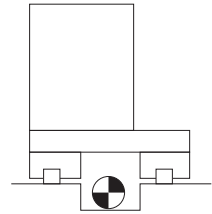
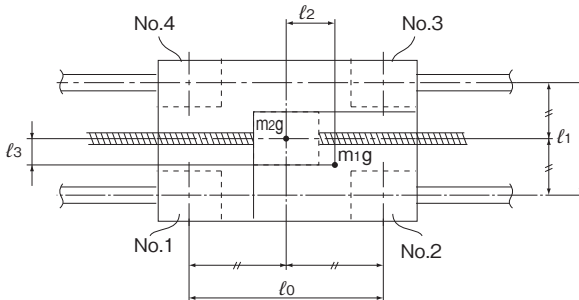


図12 使用条件

【LMブロック負荷荷重】

それぞれのLMブロックが負荷する荷重を算出します。

●等速時

■ラジアル方向負荷荷重 P_n

$$P_1 = + \frac{m_1 g}{4} - \frac{m_1 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_1 g \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1} + \frac{m_2 g}{4} = +2891 \text{ N}$$

$$P_2 = + \frac{m_1 g}{4} + \frac{m_1 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_1 g \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1} + \frac{m_2 g}{4} = +4459 \text{ N}$$

$$P_3 = + \frac{m_1 g}{4} + \frac{m_1 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_1 g \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1} + \frac{m_2 g}{4} = +3479 \text{ N}$$

$$P_4 = + \frac{m_1 g}{4} - \frac{m_1 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_1 g \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_1} + \frac{m_2 g}{4} = +1911 \text{ N}$$

●左行加速時

■ラジアル方向負荷荷重 $P^l a_n$

$$P^l a_1 = P_1 - \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = - 275.6 \text{ N}$$

$$P^l a_2 = P_2 + \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 7625.6 \text{ N}$$

$$P^l a_3 = P_3 + \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 6645.6 \text{ N}$$

$$P^l a_4 = P_4 - \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = - 1255.6 \text{ N}$$

■横方向負荷荷重 $P^t l a_n$

$$P^t l a_1 = - \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = - 333.3 \text{ N}$$

$$P^t l a_2 = + \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = + 333.3 \text{ N}$$

$$P^t l a_3 = + \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = + 333.3 \text{ N}$$

$$P^t l a_4 = - \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = - 333.3 \text{ N}$$

●左行減速時

■ラジアル方向負荷荷重 $P^l d_n$

$$P^l d_1 = P_1 + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 3946.6 \text{ N}$$

$$P^l d_2 = P_2 - \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 3403.4 \text{ N}$$

$$P^l d_3 = P_3 - \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 2423.4 \text{ N}$$

$$P^l d_4 = P_4 + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 2966.6 \text{ N}$$

■横方向負荷荷重 $Ptld_n$

$$Ptld_1 = + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = + 111.1 \text{ N}$$

$$Ptld_2 = - \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = - 111.1 \text{ N}$$

$$Ptld_3 = - \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = - 111.1 \text{ N}$$

$$Ptld_4 = + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = + 111.1 \text{ N}$$

●右行加速時

■ラジアル方向負荷荷重 Pra_n

$$Pra_1 = P_1 + \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 6057.6 \text{ N}$$

$$Pra_2 = P_2 - \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 1292.4 \text{ N}$$

$$Pra_3 = P_3 - \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 312.4 \text{ N}$$

$$Pra_4 = P_4 + \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 5077.6 \text{ N}$$

■横方向負荷荷重 $Ptra_n$

$$Ptra_1 = + \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = + 333.3 \text{ N}$$

$$Ptra_2 = - \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = - 333.3 \text{ N}$$

$$Ptra_3 = - \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = - 333.3 \text{ N}$$

$$Ptra_4 = + \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = + 333.3 \text{ N}$$

●右行減速時

■ラジアル方向負荷荷重 Prd_n

$$Prd_1 = P_1 - \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 1835.4 \text{ N}$$

$$Prd_2 = P_2 + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 5514.6 \text{ N}$$

$$Prd_3 = P_3 + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 4534.6 \text{ N}$$

$$Prd_4 = P_4 - \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 855.4 \text{ N}$$

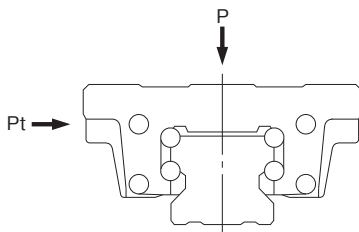
■横方向負荷荷重 P_{trd_i}

$$P_{trd_1} = - \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_0} = - 111.1 \text{ N}$$

$$P_{trd_2} = + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_0} = + 111.1 \text{ N}$$

$$P_{trd_3} = + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_0} = + 111.1 \text{ N}$$

$$P_{trd_4} = + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_0} = - 111.1 \text{ N}$$



【合成荷重】

合成荷重は、各ブロックの中で負荷荷重が最大になる溝のみ計算します。

本使用条件では、負荷荷重が最大になる溝は、各ブロックとも溝1^{*1}になります。

溝1は $P^{*2} > 0, Pt > 0$ の荷重を負荷するため、 $P < 0, Pt < 0$ の場合は0 Nとして計算します。

$P < 0, Pt < 0$ の負荷荷重を受ける溝を計算する場合は、荷重を絶対値として計算します。

*1 負荷荷重が最大になる溝が溝1になるのは、質量 m_1 がテーブルに偏って積載されており、ブロック内各溝に均等に荷重が負荷しないためです。

*2 本文でのPは、各溝が受けるラジアル荷重になります。

●等速時

$$P_{E1} = P_1 = 2891 \text{ N}$$

$$P_{E2} = P_2 = 4459 \text{ N}$$

$$P_{E3} = P_3 = 3479 \text{ N}$$

$$P_{E4} = P_4 = 1911 \text{ N}$$

●左行加速時

$$P_{El a_1} = |Pl a_1| + |Ptl a_1| = 608.9 \text{ N}$$

$$P_{El a_2} = |Pl a_2| + |Ptl a_2| = 7958.9 \text{ N}$$

$$P_{El a_3} = |Pl a_3| + |Ptl a_3| = 6978.9 \text{ N}$$

$$P_{El a_4} = |Pl a_4| + |Ptl a_4| = 1588.9 \text{ N}$$

$$Pl a_1, Ptl a_1, Pl a_4, Ptl a_4 = 0 \text{ Nとします。}$$

●左行減速時

$$P_{El d_1} = |Pl d_1| + |Ptl d_1| = 4057.7 \text{ N}$$

$$P_{El d_2} = |Pl d_2| + |Ptl d_2| = 3514.5 \text{ N}$$

$$P_{El d_3} = |Pl d_3| + |Ptl d_3| = 2534.5 \text{ N}$$

$$P_{El d_4} = |Pl d_4| + |Ptl d_4| = 3077.7 \text{ N}$$

$$Ptl d_2, Ptl d_3 = 0 \text{ Nとします。}$$

【静的安全係数】

前記のように、LMガイドに最大荷重が作用するのは、LMブロックNo.2の左行加速時なので、静的安全係数(f_s)は下記ようになります。

$$f_s = \frac{C_0}{P_{El a_2}} = \frac{91.7 \times 10^3}{7958.9} = 11.5$$

●右行加速時

$$P_{Er a_1} = |Pra_1| + |Ptr a_1| = 6390.9 \text{ N}$$

$$P_{Er a_2} = |Pra_2| + |Ptr a_2| = 1625.7 \text{ N}$$

$$P_{Er a_3} = |Pra_3| + |Ptr a_3| = 645.7 \text{ N}$$

$$P_{Er a_4} = |Pra_4| + |Ptr a_4| = 5410.9 \text{ N}$$

$$Ptr a_2, Ptr a_3 = 0 \text{ Nとします。}$$

●右行減速時

$$P_{Er d_1} = |Prd_1| + |Ptr d_1| = 1946.5 \text{ N}$$

$$P_{Er d_2} = |Prd_2| + |Ptr d_2| = 5625.7 \text{ N}$$

$$P_{Er d_3} = |Prd_3| + |Ptr d_3| = 4645.7 \text{ N}$$

$$P_{Er d_4} = |Prd_4| + |Ptr d_4| = 966.5 \text{ N}$$

$$Ptr a_1, Ptr a_4 = 0 \text{ Nとします。}$$

【平均荷重 P_{mn} 】

それぞれのLMブロックに作用する平均荷重を求めます。

$$\begin{aligned}
 P_{m1} &= \sqrt[3]{\frac{1}{2 \cdot l_s} (P_{E1a1^3} \cdot S_1 + P_{E1^3} \cdot S_2 + P_{E1d1^3} \cdot S_3 + P_{E1a1^3} \cdot S_1 + P_{E1^3} \cdot S_2 + P_{E1d1^3} \cdot S_3)} \\
 &= \sqrt[3]{\frac{1}{2 \times 1450} (608.9^3 \times 12.5 + 2891^3 \times 1400 + 4057.7^3 \times 37.5 + 6390.9^3 \times 12.5 + 2891^3 \times 1400 + 1946.5^3 \times 37.5)} \\
 &= 2940.1\text{N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{m2} &= \sqrt[3]{\frac{1}{2 \cdot l_s} (P_{E2a2^3} \cdot S_1 + P_{E2^3} \cdot S_2 + P_{E2d2^3} \cdot S_3 + P_{E2a2^3} \cdot S_1 + P_{E2^3} \cdot S_2 + P_{E2d2^3} \cdot S_3)} \\
 &= \sqrt[3]{\frac{1}{2 \times 1450} (7958.9^3 \times 12.5 + 4459^3 \times 1400 + 3514.5^3 \times 37.5 + 1625.7^3 \times 12.5 + 4459^3 \times 1400 + 5625.7^3 \times 37.5)} \\
 &= 4492.2\text{N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{m3} &= \sqrt[3]{\frac{1}{2 \cdot l_s} (P_{E3a3^3} \cdot S_1 + P_{E3^3} \cdot S_2 + P_{E3d3^3} \cdot S_3 + P_{E3a3^3} \cdot S_1 + P_{E3^3} \cdot S_2 + P_{E3d3^3} \cdot S_3)} \\
 &= \sqrt[3]{\frac{1}{2 \times 1450} (6978.9^3 \times 12.5 + 3479^3 \times 1400 + 2534.5^3 \times 37.5 + 645.7^3 \times 12.5 + 3479^3 \times 1400 + 4645.7^3 \times 37.5)} \\
 &= 3520.4\text{N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{m4} &= \sqrt[3]{\frac{1}{2 \cdot l_s} (P_{E4a4^3} \cdot S_1 + P_{E4^3} \cdot S_2 + P_{E4d4^3} \cdot S_3 + P_{E4a4^3} \cdot S_1 + P_{E4^3} \cdot S_2 + P_{E4d4^3} \cdot S_3)} \\
 &= \sqrt[3]{\frac{1}{2 \times 1450} (1588.9^3 \times 12.5 + 1911^3 \times 1400 + 3077.7^3 \times 37.5 + 5410.9^3 \times 12.5 + 1911^3 \times 1400 + 966.5^3 \times 37.5)} \\
 &= 1985.5\text{N}
 \end{aligned}$$

【定格寿命 L_{10mn} 】

LMガイドの定格寿命計算式より

$$L_{10m1} = \left(\alpha \times \frac{C}{P_{m1}} \right)^3 \times 50 = 160000 \text{ km}$$

$$L_{10m2} = \left(\alpha \times \frac{C}{P_{m2}} \right)^3 \times 50 = 44800 \text{ km}$$

$$L_{10m3} = \left(\alpha \times \frac{C}{P_{m3}} \right)^3 \times 50 = 93200 \text{ km}$$

$$L_{10m4} = \left(\alpha \times \frac{C}{P_{m4}} \right)^3 \times 50 = 519700 \text{ km}$$

$$\alpha = \frac{1}{f_w} \quad (f_w = 1.5 \text{ とする})$$

以上のように求められ、前述の使用条件の機械や装置に使用されるLMガイドの寿命は、LMブロック No.2の44800 kmになります。

【LMブロック負荷荷重】

●上昇時

■上昇時LMブロックラジアル方向負荷荷重 Pu_n

$$Pu_1 = + \frac{m_1 g \cdot l_4}{2 \cdot l_0} + \frac{m_2 g \cdot l_5}{2 \cdot l_0} + \frac{m_0 g \cdot l_3}{2 \cdot l_0} = + 1355.6 \text{ N}$$

$$Pu_2 = - \frac{m_1 g \cdot l_4}{2 \cdot l_0} - \frac{m_2 g \cdot l_5}{2 \cdot l_0} - \frac{m_0 g \cdot l_3}{2 \cdot l_0} = - 1355.6 \text{ N}$$

$$Pu_3 = - \frac{m_1 g \cdot l_4}{2 \cdot l_0} - \frac{m_2 g \cdot l_5}{2 \cdot l_0} - \frac{m_0 g \cdot l_3}{2 \cdot l_0} = - 1355.6 \text{ N}$$

$$Pu_4 = + \frac{m_1 g \cdot l_4}{2 \cdot l_0} + \frac{m_2 g \cdot l_5}{2 \cdot l_0} + \frac{m_0 g \cdot l_3}{2 \cdot l_0} = + 1355.6 \text{ N}$$

■上昇時LMブロック横方向負荷荷重 Ptu_n

$$Ptu_1 = + \frac{m_1 g \cdot l_2}{2 \cdot l_0} + \frac{m_2 g \cdot l_2}{2 \cdot l_0} + \frac{m_0 g \cdot l_1}{2 \cdot l_0} = + 375.7 \text{ N}$$

$$Ptu_2 = - \frac{m_1 g \cdot l_2}{2 \cdot l_0} - \frac{m_2 g \cdot l_2}{2 \cdot l_0} - \frac{m_0 g \cdot l_1}{2 \cdot l_0} = - 375.7 \text{ N}$$

$$Ptu_3 = - \frac{m_1 g \cdot l_2}{2 \cdot l_0} - \frac{m_2 g \cdot l_2}{2 \cdot l_0} - \frac{m_0 g \cdot l_1}{2 \cdot l_0} = - 375.7 \text{ N}$$

$$Ptu_4 = + \frac{m_1 g \cdot l_2}{2 \cdot l_0} + \frac{m_2 g \cdot l_2}{2 \cdot l_0} + \frac{m_0 g \cdot l_1}{2 \cdot l_0} = + 375.7 \text{ N}$$

●下降時

■下降時LMブロックラジアル方向負荷荷重 Pd_n

$$Pd_1 = + \frac{m_1 g \cdot l_4}{2 \cdot l_0} + \frac{m_2 g \cdot l_5}{2 \cdot l_0} = + 898.3 \text{ N}$$

$$Pd_2 = - \frac{m_1 g \cdot l_4}{2 \cdot l_0} - \frac{m_2 g \cdot l_5}{2 \cdot l_0} = - 898.3 \text{ N}$$

$$Pd_3 = - \frac{m_1 g \cdot l_4}{2 \cdot l_0} - \frac{m_2 g \cdot l_5}{2 \cdot l_0} = - 898.3 \text{ N}$$

$$Pd_4 = + \frac{m_1 g \cdot l_4}{2 \cdot l_0} + \frac{m_2 g \cdot l_5}{2 \cdot l_0} = + 898.3 \text{ N}$$

■下降時LMブロック横方向負荷荷重 Ptd_n

$$Ptd_1 = + \frac{m_1 g \cdot l_2}{2 \cdot l_0} + \frac{m_2 g \cdot l_2}{2 \cdot l_0} = + 245 \text{ N}$$

$$Ptd_2 = - \frac{m_1 g \cdot l_2}{2 \cdot l_0} - \frac{m_2 g \cdot l_2}{2 \cdot l_0} = - 245 \text{ N}$$

$$Ptd_3 = - \frac{m_1 g \cdot l_2}{2 \cdot l_0} - \frac{m_2 g \cdot l_2}{2 \cdot l_0} = - 245 \text{ N}$$

$$Ptd_4 = + \frac{m_1 g \cdot l_2}{2 \cdot l_0} + \frac{m_2 g \cdot l_2}{2 \cdot l_0} = + 245 \text{ N}$$

【合成荷重】

●上昇時

$$P_{EU1} = |P_{u1}| + |Pt_{u1}| = 1731.3 \text{ N}$$

$$P_{EU2} = |P_{u2}| + |Pt_{u2}| = 1731.3 \text{ N}$$

$$P_{EU3} = |P_{u3}| + |Pt_{u3}| = 1731.3 \text{ N}$$

$$P_{EU4} = |P_{u4}| + |Pt_{u4}| = 1731.3 \text{ N}$$

●下降時

$$P_{Ed1} = |Pd_1| + |Ptd_1| = 1143.3 \text{ N}$$

$$P_{Ed2} = |Pd_2| + |Ptd_2| = 1143.3 \text{ N}$$

$$P_{Ed3} = |Pd_3| + |Ptd_3| = 1143.3 \text{ N}$$

$$P_{Ed4} = |Pd_4| + |Ptd_4| = 1143.3 \text{ N}$$

【静的安全係数】

前述の使用条件の機械や装置に使用されるLMガイドの静的安全係数(f_s)は下記のようになります。

$$f_s = \frac{C_0}{P_{EU2}} = \frac{36.4 \times 10^3}{1731.3} = 21.0$$

【平均荷重 P_{mn} 】

それぞれのLMブロックに作用する平均荷重を求めます。

$$P_{m1} = \sqrt[3]{\frac{1}{2 \cdot l_s} (P_{EU1}^3 \cdot l_s + P_{Ed1}^3 \cdot l_s)} = 1495.1 \text{ N}$$

$$P_{m2} = \sqrt[3]{\frac{1}{2 \cdot l_s} (P_{EU2}^3 \cdot l_s + P_{Ed2}^3 \cdot l_s)} = 1495.1 \text{ N}$$

$$P_{m3} = \sqrt[3]{\frac{1}{2 \cdot l_s} (P_{EU3}^3 \cdot l_s + P_{Ed3}^3 \cdot l_s)} = 1495.1 \text{ N}$$

$$P_{m4} = \sqrt[3]{\frac{1}{2 \cdot l_s} (P_{EU4}^3 \cdot l_s + P_{Ed4}^3 \cdot l_s)} = 1495.1 \text{ N}$$

【定格寿命 L_{10mn} 】

LMガイドの定格寿命計算式より

$$L_{10m1} = \left(\alpha \times \frac{C}{P_{m1}} \right)^3 \times 50 = 182000 \text{ km}$$

$$L_{10m2} = \left(\alpha \times \frac{C}{P_{m2}} \right)^3 \times 50 = 182000 \text{ km}$$

$$L_{10m3} = \left(\alpha \times \frac{C}{P_{m3}} \right)^3 \times 50 = 182000 \text{ km}$$

$$L_{10m4} = \left(\alpha \times \frac{C}{P_{m4}} \right)^3 \times 50 = 182000 \text{ km}$$

$$\alpha = \frac{1}{f_w} \quad (f_w = 1.2 \text{ とする})$$

以上のように求められますので、前述の使用条件の機械や装置に使用されるLMガイドの寿命は、182000 kmとなります。