

計算額定壽命

LM 導軌的使用壽命，即使處於相同的運行條件下，也是有所差異的。因此，必須使用以下規定的正常壽命作為參考值以求得LM導軌的使用壽命。額定壽命是指，在相同的LM導軌型號中90%的單元，各自在相同條件下運行直到發生剝落（金屬表面的鱗片狀）時經過的總運行距離。

計算額定壽命

額定壽命 (L_{10}) 是以基本動額定負荷 (C) 與LM導軌承受的負荷 (P_c)，以下方程式求得。

使用滾珠的LM導軌的動額定負荷，算出的額定壽命為50km、滾柱的LM導軌的動額定負荷，算出的額定壽命為100km。

- 使用滾珠LM導軌（使用額定壽命為50km的基本動額定負荷）

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

L_{10}	： 額定壽命	(km)
C	： 基本動額定負荷	(N)
P_c	： 徑向負荷計算值	(N)

- 使用滾柱LM導軌（使用額定壽命為100km的基本動額定負荷）

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

※若行程長度為LM滑塊長度的2倍以下時，可能會無法適用於上述的額定壽命算式。

比較額定壽命 (L_{10}) 時，需考量是以50km還是100km來定義基本動額定負荷，必要時可根據ISO 14728-1的規定進行基本動額定負荷的換算。

於ISO中規定的基本動額定負荷之換算公式：

- 使用滾珠LM導軌時

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

C_{50} : 額定壽命為50km的基本動額定負荷

C_{100} : 額定壽命為100km的基本動額定負荷

- 使用滾柱LM導軌時

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

在考量使用條件下計算所得的額定壽命

由於在實際使用下，運行中較常伴隨著振動與衝擊，對LM導軌作用的負荷會有所變化，難以正確把握額定壽命。此外，滾動面的硬度、使用環境溫度，及將LM滑塊在幾乎緊靠的狀態下使用時，也會大幅影響壽命。

考量到這些條件，可透過以下的算式(3)及(4)算出考量使用條件的額定壽命(L_{10m})。

●考量使用條件的係數 α

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

α : 考量使用條件的係數

f_H : 硬度係數 (參閱B1-75上的圖10)

f_T : 溫度係數 (參閱B1-75上的圖11)

f_C : 接觸係數 (參閱B1-75上的表2)

f_W : 負荷係數 (參閱B1-76上的表3)

●考量使用條件的額定壽命 L_{10m}

• 使用滾珠LM導軌時

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

L_{10m} : 考量到使用條件的額定壽命 (km)

C : 基本動額定負荷 (N)

P_C : 計算負荷 (N)

• 使用滾柱LM導軌時

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

已經取得額定壽命(L_{10})後，如果行程長度和往返次數固定不變，則使用以下等式計算工作壽命時間。

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

L_h : 工作壽命時間 (h)

l_s : 行程長度 (mm)

n_1 : 每分鐘往返次數 (min^{-1})

【 f_H :硬度係數】

為了充分發揮LM導軌的最佳負荷能力，滾動面的硬度必須為58~64HRC。

如果硬度低於這個範圍，則基本靜額定負荷和基本動額定負荷均下降。因此，有必要將每一個額定值乘以各自的硬度係數(f_H)。

由於LM導軌確保有充分的硬度，除非另外指定，LM導軌的 f_H 值通常為1.0。

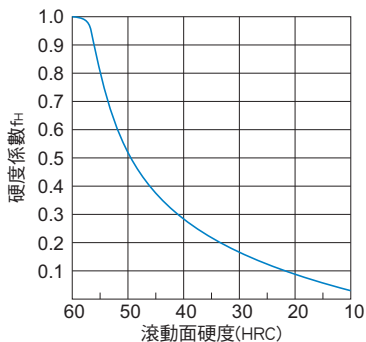


圖10 硬度係數(f_H)

【 f_T :溫度係數】

如果LM導軌的使用環境溫度超過100°C時，要考慮高溫的不良影響，基本額定負荷乘以圖11中表示的溫度係數。

同時，請注意有必要選定對應高溫環境的LM導軌。

注)除了對應高溫使用的LM導軌以外，請在80°C以下使用。

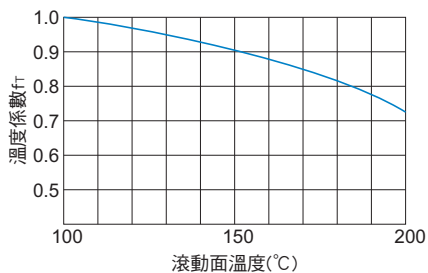


圖11 溫度係數(f_T)

【 f_c :接觸係數】

將LM滑塊靠緊時用時，受力矩或安裝面的精度之影響，很難得到均勻的負荷分佈。因此，複數的滑塊靠緊使用時請將基本額定負荷(C 或 C_0)乘以表2的接觸係數。

注)如果預計在大型機器中會出現不均勻的負荷分配，則應分別考慮表2中所示的接觸係數。

表2 接觸係數(f_c)

靠緊時滑塊的個數	接觸係數 f_c
2	0.81
3	0.72
4	0.66
5	0.61
6以上	0.6
一般使用	1

【 f_w :負荷係數】

通常作往復運動的機械在運轉中大都伴隨著振動或衝擊，特別是高速運轉時產生的振動或者經常反復啟動停止時的衝擊等，全部正確地算出是很困難的。因此，速度、振動的影響很大時，請用表 3 根據經驗所得到的負荷係數除以基本額定動負荷 (C)。

表3 負荷係數(f_w)

振動／衝擊	速度(V)	f_w
微小	微速時 $V \leq 0.25\text{m/s}$	1~1.2
小	低速時 $0.25 < V \leq 1\text{m/s}$	1.2~1.5
中速時	中速時 $1 < V \leq 2\text{m/s}$	1.5~2
大	高速時 $V > 2\text{m/s}$	2~3.5

計算額定壽命的例子(1) — 水平使用和高速加速時

〔使用條件〕

型號 : HSR35L

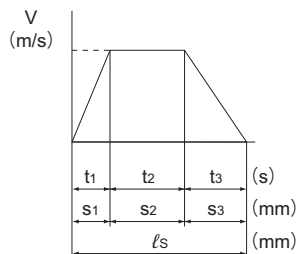
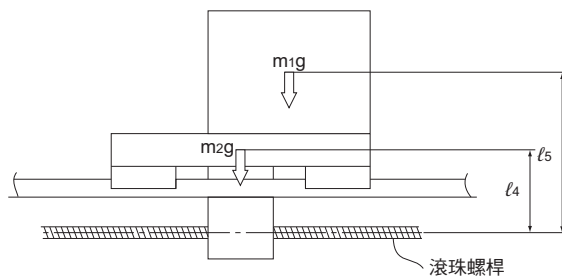
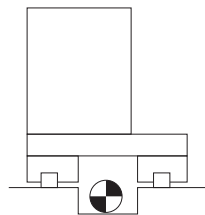
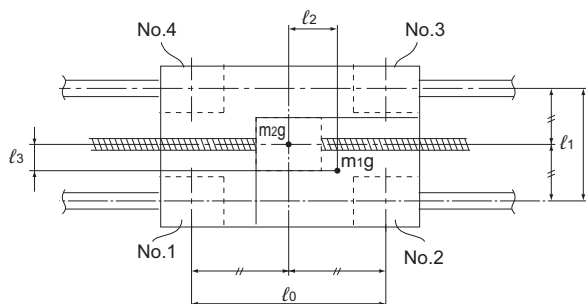
(基本動額定負荷: $C=65.0$ kN)(基本靜額定負荷: $C_0=91.7$ kN)質量 : $m_1 = 800$ kg 距離 : $l_0 = 600$ mm $m_2 = 500$ kg $l_1 = 400$ mm速度 : $V = 0.5$ m/s $l_2 = 120$ mm時間 : $t_1 = 0.05$ s $l_3 = 50$ mm $t_2 = 2.8$ s $l_4 = 200$ mm $t_3 = 0.15$ s $l_5 = 350$ mm加速度 : $\alpha_1 = 10$ m/s² $\alpha_3 = 3.333$ m/s²行程 : $l_s = 1450$ mm重力加速度 $g=9.8$ (m/s²)

圖12 使用條件

【LM滑塊的負荷大小】

算出每個LM滑塊上所作用的負荷。

● 等速時

■ 徑向的外加負荷 P_n

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

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

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

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

● 向左加速時

■ 徑向的外加負荷 Pl_{a_n}

$$Pl_{a1} = P_1 - \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = - 275.6 \text{ N}$$

$$Pl_{a2} = P_2 + \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 7625.6 \text{ N}$$

$$Pl_{a3} = P_3 + \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 6645.6 \text{ N}$$

$$Pl_{a4} = P_4 - \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = - 1255.6 \text{ N}$$

■ 橫向的外加負荷 $Pt_{l_{a_n}}$

$$Pt_{l_{a1}} = - \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = - 333.3 \text{ N}$$

$$Pt_{l_{a2}} = + \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = + 333.3 \text{ N}$$

$$Pt_{l_{a3}} = + \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = + 333.3 \text{ N}$$

$$Pt_{l_{a4}} = - \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = - 333.3 \text{ N}$$

● 向左減速時

■ 徑向的外加負荷 Pld_n

$$Pld_1 = P_1 + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 3946.6 \text{ N}$$

$$Pld_2 = P_2 - \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 3403.4 \text{ N}$$

$$Pld_3 = P_3 - \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 2423.4 \text{ N}$$

$$Pld_4 = P_4 + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} = + 2966.6 \text{ N}$$

■橫向的外加負荷 $Ptld_n$

$$Ptld_1 = + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_0} = + 111.1 \text{ N}$$

$$Ptld_2 = - \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_0} = - 111.1 \text{ N}$$

$$Ptld_3 = - \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_0} = - 111.1 \text{ N}$$

$$Ptld_4 = + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot l_3}{2 \cdot l_0} = + 111.1 \text{ N}$$

●向右加速時

■徑向的外加負荷 Pra_n

$$Pra_1 = P_1 + \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot l_5}{2 \cdot l_0} + \frac{m_2 \cdot \alpha_1 \cdot l_4}{2 \cdot l_0} = +6057.6 \text{ N}$$

$$Pra_2 = P_2 - \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot l_5}{2 \cdot l_0} - \frac{m_2 \cdot \alpha_1 \cdot l_4}{2 \cdot l_0} = +1292.4 \text{ N}$$

$$Pra_3 = P_3 - \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot l_5}{2 \cdot l_0} - \frac{m_2 \cdot \alpha_1 \cdot l_4}{2 \cdot l_0} = + 312.4 \text{ N}$$

$$Pra_4 = P_4 + \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot l_5}{2 \cdot l_0} + \frac{m_2 \cdot \alpha_1 \cdot l_4}{2 \cdot l_0} = +5077.6 \text{ N}$$

■橫向的外加負荷 $Ptra_n$

$$Ptra_1 = + \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot l_3}{2 \cdot l_0} = + 333.3 \text{ N}$$

$$Ptra_2 = - \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot l_3}{2 \cdot l_0} = - 333.3 \text{ N}$$

$$Ptra_3 = - \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot l_3}{2 \cdot l_0} = - 333.3 \text{ N}$$

$$Ptra_4 = + \frac{m_1 \cdot \alpha_1 \cdot l_3}{2 \cdot l_0} = + 333.3 \text{ N}$$

●向右減速時

■徑向的外加負荷 Prd_n

$$Prd_1 = P_1 - \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot l_5}{2 \cdot l_0} - \frac{m_2 \cdot \alpha_3 \cdot l_4}{2 \cdot l_0} = +1835.4 \text{ N}$$

$$Prd_2 = P_2 + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot l_5}{2 \cdot l_0} + \frac{m_2 \cdot \alpha_3 \cdot l_4}{2 \cdot l_0} = +5514.6 \text{ N}$$

$$Prd_3 = P_3 + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot l_5}{2 \cdot l_0} + \frac{m_2 \cdot \alpha_3 \cdot l_4}{2 \cdot l_0} = +4534.6 \text{ N}$$

$$Prd_4 = P_4 - \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot l_5}{2 \cdot l_0} - \frac{m_2 \cdot \alpha_3 \cdot l_4}{2 \cdot l_0} = + 855.4 \text{ N}$$

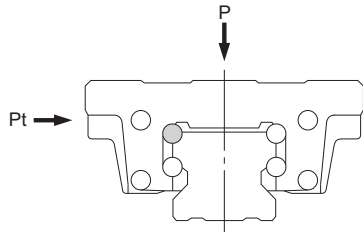
■ 橫向的外加負荷Ptrd。

$$Ptrd_1 = - \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = - 111.1 \text{ N}$$

$$Ptrd_2 = + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = + 111.1 \text{ N}$$

$$Ptrd_3 = + \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = + 111.1 \text{ N}$$

$$Ptrd_4 = - \frac{m_1 \cdot \alpha_3 \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = - 111.1 \text{ N}$$



【綜合負荷】

綜合負荷僅計算各滑塊中承受最大負荷載重的溝槽。

此使用條件下，負荷載重最大的溝槽，各滑塊皆為溝槽1^{*1}。

溝槽1負荷 $P^{*2} > 0$ 、 $Pt > 0$ 的載重， $P < 0$ 、 $Pt < 0$ 時以0 N做計算。

計算承受 $P < 0$ 、 $Pt < 0$ 負荷載重的溝槽時，載重以絕對值計算。

*1 溝槽1會成為最大負荷載重的原因在於，質量 m_1 偏向承載於工作臺，因此滑塊內各溝槽承受的負荷不平均。

*2 本文的P為各溝槽承受的徑向負荷。

● 等速運動時

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

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

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

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

● 向左加速時

$$P_{E1a1} = |Pl_{a1}| + |Pt_{1a1}| = 0 \text{ N}$$

$$P_{E1a2} = |Pl_{a2}| + |Pt_{1a2}| = 7958.9 \text{ N}$$

$$P_{E1a3} = |Pl_{a3}| + |Pt_{1a3}| = 6978.9 \text{ N}$$

$$P_{E1a4} = |Pl_{a4}| + |Pt_{1a4}| = 0 \text{ N}$$

$$Pl_{a1}、Pt_{1a1}、Pl_{a4}、Pt_{1a4} = 0 \text{ N}^{\circ}$$

● 向左減速時

$$P_{E1d1} = |Pl_{d1}| + |Pt_{1d1}| = 4057.7 \text{ N}$$

$$P_{E1d2} = |Pl_{d2}| + |Pt_{1d2}| = 3403.4 \text{ N}$$

$$P_{E1d3} = |Pl_{d3}| + |Pt_{1d3}| = 2423.4 \text{ N}$$

$$P_{E1d4} = |Pl_{d4}| + |Pt_{1d4}| = 3077.7 \text{ N}$$

$$Pt_{1d2}、Pt_{1d3} = 0 \text{ N}^{\circ}$$

【靜態安全係數】

如前所述，LM導軌上所作用的最大負荷是LM滑塊No.2左行加速時產生。因此，靜態安全係數(f_s)如下式所示。

$$f_s = \frac{C_0}{P_{E1a2}} = \frac{91.7 \times 10^3}{7958.9} = 11.5$$

● 向右加速時

$$P_{Era1} = |Pra_1| + |Ptr_{a1}| = 6390.9 \text{ N}$$

$$P_{Era2} = |Pra_2| + |Ptr_{a2}| = 1292.4 \text{ N}$$

$$P_{Era3} = |Pra_3| + |Ptr_{a3}| = 312.4 \text{ N}$$

$$P_{Era4} = |Pra_4| + |Ptr_{a4}| = 5410.9 \text{ N}$$

$$Ptr_{a2}、Ptr_{a3} = 0 \text{ N}^{\circ}$$

● 向右減速時

$$P_{Erd1} = |Pr_{d1}| + |Ptr_{d1}| = 1835.4 \text{ N}$$

$$P_{Erd2} = |Pr_{d2}| + |Ptr_{d2}| = 5625.7 \text{ N}$$

$$P_{Erd3} = |Pr_{d3}| + |Ptr_{d3}| = 4645.7 \text{ N}$$

$$P_{Erd4} = |Pr_{d4}| + |Ptr_{d4}| = 855.4 \text{ N}$$

$$Ptr_{d1}、Ptr_{d4} = 0 \text{ N}^{\circ}$$

【平均負荷 P_{mn} 】

算出每個LM滑塊上所作用的平均負荷。

$$P_{m1} = \sqrt[3]{\frac{1}{2 \cdot l_s} (P_{E1} l a_1^3 \cdot S_1 + P_{E1}^3 \cdot S_2 + P_{E1} l d_1^3 \cdot S_3 + P_{E1} f a_1^3 \cdot S_1 + P_{E1}^3 \cdot S_2 + P_{E1} r d_1^3 \cdot S_3)}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{1}{2 \times 1450} (0 \times 12.5 + 2891^3 \times 1400 + 4057.7^3 \times 37.5 + 6390.9^3 \times 12.5 + 2891^3 \times 1400 + 1835.4^3 \times 37.5)}$$

$$= 2939.5\text{N}$$

$$P_{m2} = \sqrt[3]{\frac{1}{2 \cdot l_s} (P_{E2} l a_2^3 \cdot S_1 + P_{E2}^3 \cdot S_2 + P_{E2} l d_2^3 \cdot S_3 + P_{E2} f a_2^3 \cdot S_1 + P_{E2}^3 \cdot S_2 + P_{E2} r d_2^3 \cdot S_3)}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{1}{2 \times 1450} (7958.9^3 \times 12.5 + 4459^3 \times 1400 + 3403.4^3 \times 37.5 + 1292.4^3 \times 12.5 + 4459^3 \times 1400 + 5625.7^3 \times 37.5)}$$

$$= 4491.2\text{N}$$

$$P_{m3} = \sqrt[3]{\frac{1}{2 \cdot l_s} (P_{E3} l a_3^3 \cdot S_1 + P_{E3}^3 \cdot S_2 + P_{E3} l d_3^3 \cdot S_3 + P_{E3} f a_3^3 \cdot S_1 + P_{E3}^3 \cdot S_2 + P_{E3} r d_3^3 \cdot S_3)}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{1}{2 \times 1450} (6978.9^3 \times 12.5 + 3479^3 \times 1400 + 2423.4^3 \times 37.5 + 312.4^3 \times 12.5 + 3479^3 \times 1400 + 4645.7^3 \times 37.5)}$$

$$= 3519.7\text{N}$$

$$P_{m4} = \sqrt[3]{\frac{1}{2 \cdot l_s} (P_{E4} l a_4^3 \cdot S_1 + P_{E4}^3 \cdot S_2 + P_{E4} l d_4^3 \cdot S_3 + P_{E4} f a_4^3 \cdot S_1 + P_{E4}^3 \cdot S_2 + P_{E4} r d_4^3 \cdot S_3)}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{1}{2 \times 1450} (0 \times 12.5 + 1911^3 \times 1400 + 3077.7^3 \times 37.5 + 5410.9^3 \times 12.5 + 1911^3 \times 1400 + 855.4^3 \times 37.5)}$$

$$= 1983.7\text{N}$$

【額定壽命 L_{10mn} 】

根據以下所述的相應額定壽命計算式計算4個LM滑塊的額定壽命。

$$L_{10m1} = \left(\alpha \times \frac{C}{P_{m1}} \right)^3 \times 50 = 160100 \text{ km}$$

$$L_{10m2} = \left(\alpha \times \frac{C}{P_{m2}} \right)^3 \times 50 = 44900 \text{ km}$$

$$L_{10m3} = \left(\alpha \times \frac{C}{P_{m3}} \right)^3 \times 50 = 93300 \text{ km}$$

$$L_{10m4} = \left(\alpha \times \frac{C}{P_{m4}} \right)^3 \times 50 = 521000 \text{ km}$$

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

因此，前面所述的使用條件的機械或裝置中所使用的LM導軌之壽命為LM滑塊No.2的44,900km。

計算額定壽命的例子 (2) — 垂直使用時

〔使用條件〕

型號 : HSR25CA2SS+1500L-II

(基本動額定荷重: $C=27.6$ kN)

(基本靜額定荷重: $C_0=36.4$ kN)

質量 : $m_0 = 100$ kg

$m_1 = 200$ kg

$m_2 = 100$ kg

行程 : $l_5 = 1000$ mm

距離 : $l_0 = 300$ mm

$l_1 = 80$ mm

$l_2 = 50$ mm

$l_3 = 280$ mm

$l_4 = 150$ mm

$l_5 = 250$ mm

只在上升時裝載質量(m_0)；下降時不裝載質量(m_0)進行移動。

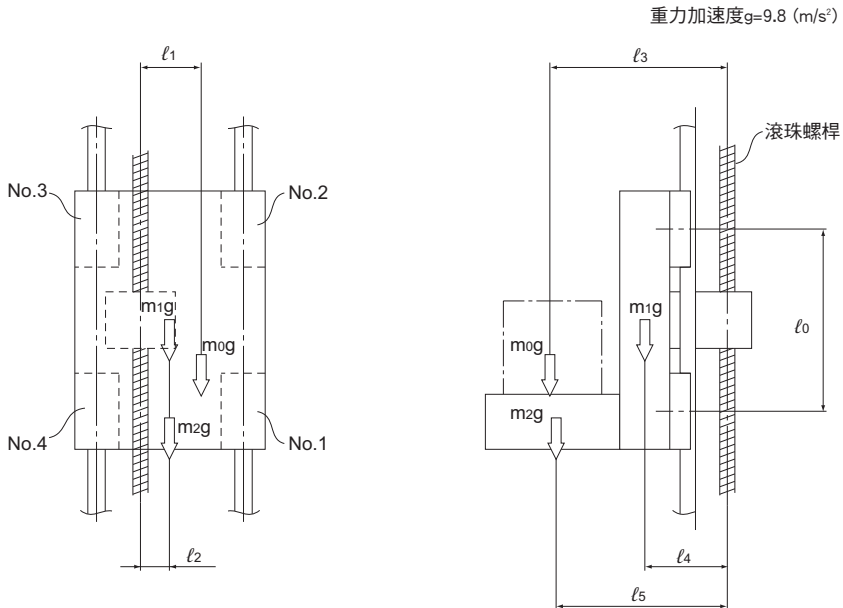


圖13 使用條件

【LM滑塊的負荷大小】

●上升時

■上升時徑向上每個LM滑塊上所作用的負荷 P_{U_n}

$$P_{U_1} = + \frac{m_1 g \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 g \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_0 g \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = + 1355.6 \text{ N}$$

$$P_{U_2} = - \frac{m_1 g \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 g \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_0 g \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = - 1355.6 \text{ N}$$

$$P_{U_3} = - \frac{m_1 g \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 g \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_0 g \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = - 1355.6 \text{ N}$$

$$P_{U_4} = + \frac{m_1 g \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 g \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_0 g \cdot \ell_3}{2 \cdot \ell_0} = + 1355.6 \text{ N}$$

■上升時橫向上每個LM滑塊上所作用的負荷 $P_{T_{U_n}}$

$$P_{T_{U_1}} = + \frac{m_1 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_0 g \cdot \ell_1}{2 \cdot \ell_0} = + 375.7 \text{ N}$$

$$P_{T_{U_2}} = - \frac{m_1 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_0 g \cdot \ell_1}{2 \cdot \ell_0} = - 375.7 \text{ N}$$

$$P_{T_{U_3}} = - \frac{m_1 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_0 g \cdot \ell_1}{2 \cdot \ell_0} = - 375.7 \text{ N}$$

$$P_{T_{U_4}} = + \frac{m_1 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_0 g \cdot \ell_1}{2 \cdot \ell_0} = + 375.7 \text{ N}$$

●下降時

■下降時徑向上每個LM滑塊上所作用的負荷 P_{D_n}

$$P_{D_1} = + \frac{m_1 g \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 g \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} = + 898.3 \text{ N}$$

$$P_{D_2} = - \frac{m_1 g \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 g \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} = - 898.3 \text{ N}$$

$$P_{D_3} = - \frac{m_1 g \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 g \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} = - 898.3 \text{ N}$$

$$P_{D_4} = + \frac{m_1 g \cdot \ell_4}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 g \cdot \ell_5}{2 \cdot \ell_0} = + 898.3 \text{ N}$$

■下降時橫向上每個LM滑塊上所作用的負荷 $P_{T_{D_n}}$

$$P_{T_{D_1}} = + \frac{m_1 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} = + 245 \text{ N}$$

$$P_{T_{D_2}} = - \frac{m_1 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} = - 245 \text{ N}$$

$$P_{T_{D_3}} = - \frac{m_1 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} - \frac{m_2 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} = - 245 \text{ N}$$

$$P_{T_{D_4}} = + \frac{m_1 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} + \frac{m_2 g \cdot \ell_2}{2 \cdot \ell_0} = + 245 \text{ N}$$

【綜合負荷】

●上升時

$$P_{Eu1} = |P_{u1}| + |Pt_{u1}| = 1731.3 \text{ N}$$

$$P_{Eu2} = |P_{u2}| + |Pt_{u2}| = 1731.3 \text{ N}$$

$$P_{Eu3} = |P_{u3}| + |Pt_{u3}| = 1731.3 \text{ N}$$

$$P_{Eu4} = |P_{u4}| + |Pt_{u4}| = 1731.3 \text{ N}$$

●下降時

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

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

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

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

【靜態安全係數】

如前所述的使用條件的機械或裝置中所使用的LM導軌的靜態安全係數 (f_s) 如下。

$$f_s = \frac{C_0}{P_{Eu2}} = \frac{36.4 \times 10^3}{1731.3} = 21.0$$

【平均負荷 P_{mn} 】

算出每個LM滑塊上所作用的平均負荷。

$$P_{m1} = \sqrt[3]{\frac{1}{2 \cdot \ell_s} (P_{Eu1}^3 \cdot \ell_s + P_{Ed1}^3 \cdot \ell_s)} = 1495.1 \text{ N}$$

$$P_{m2} = \sqrt[3]{\frac{1}{2 \cdot \ell_s} (P_{Eu2}^3 \cdot \ell_s + P_{Ed2}^3 \cdot \ell_s)} = 1495.1 \text{ N}$$

$$P_{m3} = \sqrt[3]{\frac{1}{2 \cdot \ell_s} (P_{Eu3}^3 \cdot \ell_s + P_{Ed3}^3 \cdot \ell_s)} = 1495.1 \text{ N}$$

$$P_{m4} = \sqrt[3]{\frac{1}{2 \cdot \ell_s} (P_{Eu4}^3 \cdot \ell_s + P_{Ed4}^3 \cdot \ell_s)} = 1495.1 \text{ N}$$

【額定壽命 L_{10mn} 】

根據以下所述的相應額定壽命計算式計算4個LM滑塊的額定壽命。

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

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

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

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

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

因此，前面所述的使用條件的機械或裝置中所使用的LM導軌之壽命為182,000km。