

〔技術計算〕 一軸アクチュエータの選定方法 1

ストローク、および下記定格一覧から、SXアクチュエータの呼び形式を選定。

使用速度が、(表2)に示した最高速度以内になるようにボールねじリードを決定。(この時点では、仮選定となります)

レール部に作用する荷重を検討し、PA-05Bもしくは②式に代入、各工程の等価荷重 F_e を求め、PA-05B③式に代入し、平均荷重 F_m を求め寿命を計算する。

ボールねじ、サポート軸受に作用する荷重を検討し、PA-05B③式に代入し、平均荷重 F_m を求め寿命を計算する。

■定格荷重 (表1)

レール部	Type	SX1502	SX2001	SX2005	SX2602	SX2605	SX2610	SX3005-B	SX3010-B	SX3005-S	SX3010-S	SX4510-B	SX4520-B	SX4510-S	SX4520-S
	ブロック ロング	ロング	ロング	ロング	ロング	ロング	ロング	ロング	ロング	ショート	ショート	ロング	ショート	ショート	ショート
基本動定格荷重	C (N)	2072	3277		6522		9732		6305		18450		11826		17175
	Ca (N)	3701	6199		11871		17218		9271		32441		17175		24999
	ラジアルずきま (μm)	-3~0	-3~0		-4~0		-4~0		-4~0		-6~0		-6~0		-6~0
ボールねじ	基本動定格荷重 Ca (N)	208	482	822	1712	1600	782	1831	1129	1831	1129	4167	2499	4167	2499
	基本静定格荷重 Ca (N)	265	642	1026	2251	2097	961	2389	1386	2389	1386	5945	3381	5945	3381
	ねじ軸径 (mm)	5	6	6	8	8	8	10	10	10	10	15	15	15	15
	リード (mm)	2	1	5	2	5	10	5	10	5	10	10	20	10	20
	径値	4.534	5.3	4.918	6.4	6.46	6.46	8.2	8.2	8.2	8.2	11.7	11.7	11.7	11.7
軸受(固定部)	基本動定格荷重 Ca (N)	678	730		1637		2702		2702		4355		4355		4355
	静的許容荷重 P _{0a} (N)	415	461		1205		2197		2197		4106		4106		4106

*レール部の定格荷重は、ブロック1個あたりの定格荷重です。 *実際の寿命計算には、技術計算書をご利用ください。

■最高移動速度 (表2)

Type	リード (mm)	レール長さ L (mm)														最高速度 (mm/sec)		
		75	80	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500	550	600		
SX15	2	330	-	330	330	330	330	330	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1	-	190	190	-	190	-	190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SX20	5	-	-	694	-	694	-	694	694	633	-	-	-	-	-	-	-	
	2	-	-	290	-	290	-	290	290	290	-	-	-	-	-	-	-	
SX26	5	-	-	-	-	521	-	521	521	521	521	446	-	-	-	-	-	
	10	-	-	-	-	1040	-	1040	1040	1040	890	-	-	-	-	-	-	
	5	-	-	-	-	410	410	-	410	410	410	410	410	370	300	250	-	
SX30	10	-	-	-	-	830	-	830	830	830	830	830	830	740	600	500	-	
	5	-	-	-	-	410	410	-	410	410	410	410	410	370	300	250	-	
Type	リード (mm)	レール長さ L (mm)																
		340	390	440	490	540	590											
SX45	10	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550	550
	20	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110

*表中の値は、ボールねじの危険速度と DM 値によって算出された参考値です。
モータの回転数や運転条件等を考慮した保証値ではおはしませんので、ご注意ください。

■レール部モーメント等価係数 (表3)

Type	ブロック数	Kp	Ky	Kr
SX15	1個	0.2762	0.2762	0.0894
	2個	0.2279	0.2279	0.0667
SX20	1個	0.1443	0.1443	0.0668
	2個	0.1698	0.1698	0.0527
SX26	1個	0.1367	0.1367	0.0445
	2個	0.0917	0.0917	0.0445
SX30	1個	0.1115	0.1115	0.0334
	2個	0.0840	0.0840	0.0334

■レール断面二次モーメント (表5)

Type	断面二次モーメント (mm ⁴)		重心点 (mm)	質量 (kg/100mm)
	lx	lv		
SX15	1.0×10 ⁶	1.7×10 ⁶	3.4	0.13
SX20	3.2×10 ⁶	5.2×10 ⁶	4.4	0.22
SX26	1.0×10 ⁶	1.4×10 ⁶	6.1	0.37
SX30	2.5×10 ⁶	3.1×10 ⁶	7.8	0.60
SX45	8.8×10 ⁶	10.4×10 ⁶	11.0	1.10

lx: X軸まわりの断面二次モーメント lv: Y軸まわりの断面二次モーメント

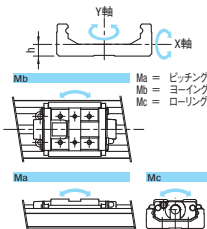
■レール部静的許容荷重・静的許容モーメント (表4)

Type	ブロック数	ブロック種類	静的許容荷重 (N・m)			
			水平	Ma	Mb	Mc
SX15	1	ロング	3701	13	13	41
	2	ロング	6199	27	27	93
SX20	1	ロング	12398	353	353	186
	2	ロング	11871	70	70	225
SX26	1	ロング	23742	902	902	450
	2	ロング	17218	126	126	387
SX30	2	ロング	34436	1515	1515	774
	1	ショート	9271	63	63	208
	2	ショート	18542	579	579	417
SX45	1	ロング	32441	291	291	972
	2	ロング	64882	3945	3945	1944
	1	ショート	17175	145	145	515
2	ショート	34350	1444	1444	1029	

*ブロック2個タイプは、2個密着時の値です。
上記表の値は、静的な場合の参考値となります。

■表荷重係数 fw (表6)

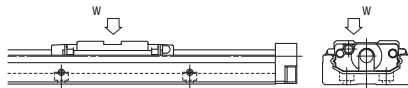
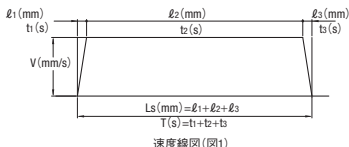
振動・衝撃	速度	fw
微	微速の場合 V ≤ 0.25m/s	1~1.2
小	低速の場合 0.25m/s < V ≤ 1m/s	1.2~1.5
中	中速の場合 1m/s < V ≤ 2m/s	1.5~2
大	高速の場合 2m/s < V	2~3.5



寿命

SXアクチュエータは、レール部・ボールねじ・支持軸受けの各寿命を計算し、この結果の一番短い値を、アクチュエータの寿命として決定します。

- 負荷質量: W kg
- ストローク: Ls mm
- 加速度: a mm/s²
- 最高速度: v mm/s
- 重力加速度: g=9.81m/s²
- 姿勢: 水平
- 速度線図: (図1)
- 荷重作用状態: (図2)



荷重作用状態(図2)

検討 選定

負荷質量W(kg)、最高速度V(mm/s)から仮の型番を選定します。次に、加速度・最高速度・ストロークから、速度線図を作成します。この速度線図を作成できる条件が、選定計算の基本となります。

計算 寿命計算例

SXアクチュエータのレール部に作用する荷重作用状態(図2)を検討し、各々の荷重を下記式(シングルナットブロック仕様は①式・ダブルナットブロック仕様は②式)に代入して等価荷重Feを求めます。

等価荷重

●シングルブロックの場合

$$Fe = YfFh + YfFv + YpKpMa + YyKyMb + YrKrMc \quad \text{---①}$$

●ダブルブロックの場合

$$Fe = YfFh/2 + YfFv/2 + YpKpMa + YyKyMb + YrKrMc \quad \text{---②}$$

- Fh : 等価荷重
- Fv : ブロックに作用する水平方向荷重
- Fy : ブロックに作用する上下方向荷重
- Ma : ブロックに作用するピッチング方向モーメント
- Mb : ブロックに作用するヨーイング方向モーメント
- Mc : ブロックに作用するローリング方向モーメント
- Kp : ピッチング方向モーメントに対する同等係数
- Ky : ヨーイング方向モーメントに対する同等係数
- Kr : ローリング方向モーメントに対する同等係数
- Yh, Yv, Yy, Yp, Yr : 1.0または0.5

モーメント荷重を受けながら使用する場合には、表3のレール部モーメント等価係数を乗じて荷重計算を行ってください。
等価荷重Feを求める式①及び②においてFh、Fv、KpMa、KyMb、KrMcのうち最大のを1.0それ以外を0.5とする

平均荷重

SXアクチュエータは、加減速に伴いMa・Mbが変動しますので、③式より平均荷重Fmを求めます。

$$Fm = \sqrt[3]{\frac{1}{Ls} (Fe^3 \cdot L1 + Fe2^3 \cdot L2 + Fe3^3 \cdot L3 + Fe^3 \cdot Ln)} \quad \text{---③}$$

[Fm: 変動する荷重の平均荷重(N) Ls: 全走行距離(km)]

レール部寿命

SXアクチュエータのレール部の寿命は、④式より求めます。

$$L = La \times \left(\frac{C}{fw \cdot Fm} \right)^3 \quad \text{---④}$$

[L: レール部寿命(km) La: 走行距離(km) fw: 荷重係数
C: レール部の基本動定格荷重(N)]

ストローク長さと毎分往復回数が一定の場合、寿命時間は⑤式によって算出できます。

$$Lh = \frac{L \times 10^6}{2 \cdot \ell s \cdot n1 \times 60} \quad \text{---⑤}$$

[Lh: 寿命時間(h) ℓs: ストローク(mm) n1: 毎分往復回数]

ボールねじ部・支持部寿命

軸方向にかかる荷重から平均荷重を求めます。ボールねじ・支持部ともに⑥式より計算します。平均荷重は、③式より求めます。

$$Lr = \left(\frac{Ca}{fw \cdot Fm} \right)^3 \cdot \ell \times 10^6 \quad \text{---⑥}$$

[Lr: ボールねじ部寿命(km) ℓ: ボールねじのリード(mm)
fw: 荷重係数 Ca: ねじ部・支持部の基本動定格荷重(N)]

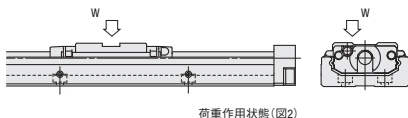
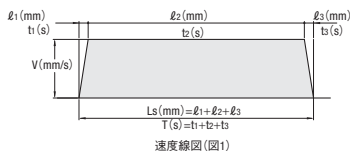
〔技術計算〕 一軸アクチュエータの選定方法 2

定格寿命計算例

1 使用条件

検討型式: SX2602シリーズ
 レール部: C(基本定格荷重)=6522N Co(基本静定格荷重)=11871N
 ボールねじ部: Ca(基本動定格荷重)=1712N Coa(基本静定格荷重)=2251N
 支持軸受部: Cα(基本動定格荷重)=1637N Poα(基本静定格荷重)=1205N

負荷質量W: 10kg
 速度V: 250mm/s
 加速度a: 833mm/s²
 移動距離Ls: 200mm
 重力加速度g: g=9.81m/s²
 姿勢: 水平
 速度線図: (図1)
 荷重作用状態: (図2)



2 検討

仮選定

移動距離200mmを、加速度833mm/s²および最高速度250mm/sで使用する。これらの条件から、SX26シリーズを使用すると仮定する。

3 計算

3-1 レール部の検討

ナットブロック1個使用の条件に合わせ、表のモーメント等価係数を乗じて負荷質量に換算します。

ナットブロックの負荷質量

- 1)等速時
 $F_{e1} = Y_v F_v = Y_v \cdot W \cdot g = 1 \cdot 10 \cdot 9.81 = 98.1 \text{ (N)}$
- 2)加速時
 $F_{e2} = Y_v F_v + Y_p K_p \quad Ma = 1 \cdot 98.1 + 0.5 \cdot 0.17 \cdot 70 = 104.05 \text{ (N)}$
- 3)減速時
 $F_{e3} = Y_v F_v + Y_p K_p \quad Ma = 1 \cdot 98.1 + 0.5 \cdot 0.17 \cdot 70 = 104.05 \text{ (N)}$

静的安全係数

$$f_s = \frac{C_o}{F_{\max}} = \frac{11871}{104.05} = 114.09$$

定格寿命

軸方向平均荷重

$$F_m = \sqrt[3]{\frac{1}{L_s} (F_{e1}^3 \cdot L_1 + F_{e2}^3 \cdot L_2 + F_{e3}^3 \cdot L_3 \cdot \text{Fen}^3 \cdot L_n)} = 100.41 \text{ (N)}$$

定格寿命

$$L = \left(\frac{C}{f_w \cdot F_m} \right)^3 \times 50 = 1.6 \times 10^6 \quad \begin{matrix} f_w: \text{荷重係数 } 1.2 \\ L: \text{走行距離} \end{matrix}$$

3-2 ボールねじ部の検討

速度線図より、各部の軸方向荷重を求め、平均荷重を求めます。

ボールねじ部寿命

軸方向荷重

- 1)等速時
 $F_{e1} = \mu \cdot W \cdot g = 0.01 \times 10 \times 9.81 = 0.981 \text{ (N)}$
- 2)加速時
 $F_{e2} = F_{e1} + W \cdot a \times 10^{-3} = 0.981 + 10 \cdot 0.833 = 9.311 \text{ (N)}$
- 3)減速時
 $F_{e3} = F_{e1} - W \cdot a \times 10^{-3} = 7.352 \text{ (N)}$

静的安全係数

$$f_s = \frac{C_{o\alpha}}{F_{\max}} = \frac{C_{o\alpha}}{F_{e2}} = \frac{2251}{9.311} = 241.76$$

座屈荷重

$$P_1 = \frac{n \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{\ell a^2} \times 0.5 = 5562.02 \text{ (N)}$$

P_1 : 座屈荷重
 ℓa : 取付間距離 250(mm)
 E : ヤング率 $2.06 \times 10^6 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
 n : 取付方法による係数
 0.5 : 安全係数
 I : ねじの軸の最小断面2次モーメント

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = 85.49 \text{ (mm}^4\text{)}$$

d : ねじ軸径 6.46(mm)

許容引張圧縮荷重

$$P_2 = \frac{\delta \cdot \pi \cdot d^2}{4} = 4818.06$$

P_2 : 許容引張圧縮荷重
 δ : 許容引張圧縮応力 147(N/mm²)
 d : ねじ軸径 6.46(mm)

危険速度

$$N1 = \frac{60 \cdot \lambda^2}{2\pi \cdot \ell b^2} \cdot \sqrt{\frac{E \times 10^3 \cdot I}{\gamma \cdot A}} \times 0.8 = 12485 \text{ (min}^{-1}\text{)}$$

$N1$: 危険速度
 ℓb : 取付間距離
 E : ヤング率 $2.06 \times 10^6 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
 λ : 取付方法による係数(固定—支持3.927)
 γ : 密度 $(7.85 \times 10^{-4} \text{ kg/mm}^3)$
 A : 安全係数

DN値

$$DN = 62250 (\leq 70000)$$

D : ボール中心径(8.3mm)
 N : 使用最大回転数(min^{-1})

SX2602	レール部	ボールねじ部	支持軸受部
静的安全係数	114.09	241.76	129.42
座屈荷重(N)	—	5562.02	—
許容引張圧縮荷重(N)	—	4818.06	—
危険速度(min^{-1})	—	12485	—
DN値	—	62250	—
定格寿命(km)	1.6×10^6	25.64×10^6	22.41×10^6
最大軸方向荷重(N)	—	9.311	—
使用最大回転数(min^{-1})	—	7500	—

定格寿命

軸方向平均荷重

$$Fm = \sqrt[3]{\frac{1}{Ls} (Fe1^3 \cdot L1 + Fe2^3 \cdot L2 + Fe3^3 \cdot L3 \cdot \cdot \cdot FeN^3 \cdot Ln)} = 6.096 \text{ (N)}$$

定格寿命

$$L = \left(\frac{Ca}{fw \cdot Fm} \right)^3 \cdot \ell \times 10^6 = 25.64 \times 10^6 \text{ (km)}$$

fw : 荷重係数 1.2
 ℓ : ボールねじのリード 2(mm)

3-3 支持軸受部の検討

軸方向荷重

$Fe1 = 0.981 \text{ (N)}$
 $Fe2 = 9.311 \text{ (N)}$
 $Fe3 = 7.352 \text{ (N)}$

静的安全係数

$$fs = \frac{Poa}{Femax} = \frac{Poa}{Fez} = 129.42$$

定格寿命

軸方向平均荷重

$$Fm = \sqrt[3]{\frac{1}{Ls} (Fe1^3 \cdot L1 + Fe2^3 \cdot L2 + Fe3^3 \cdot L3 \cdot \cdot \cdot FeN^3 \cdot Ln)} = 6.096 \text{ (N)}$$

定格寿命

$$L = \left(\frac{Ca}{fw \cdot Fm} \right)^3 \cdot \ell \times 10^6 = 22.41 \times 10^6 \text{ (km)}$$

fw : 荷重係数 1.2
 ℓ : ボールねじのリード 2(mm)