

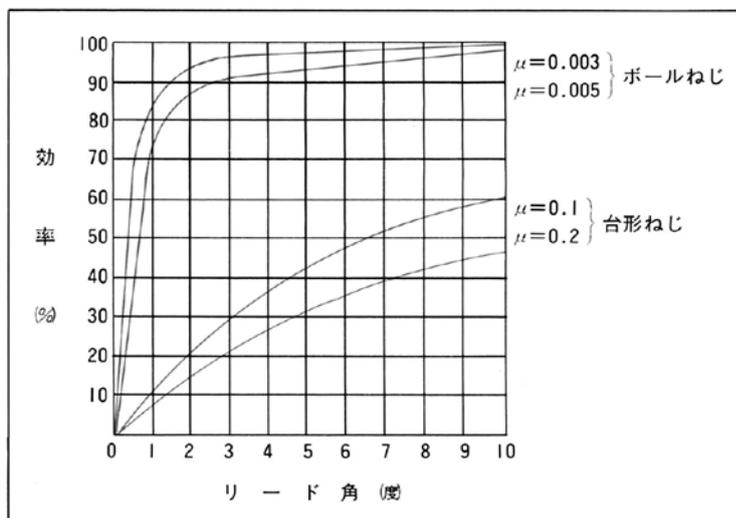
ISSOKU ボールねじの特長

ISSOKUボールねじは豊富なねじの加工技術で特に小径ボールねじを得意としています。

ISSOKUボールねじの特長を以下に示します。

- 摩擦係数が小さく機械効率が90%以上になります。
- 円滑な運動により高精度な位置決めが可能です。
- 摩耗が少なく、長期にわたり安定した精度が維持できます。
- 転がり疲れに基づく寿命予測が可能です。
- 予圧を与える事により、剛性を高める事ができます。
- 潤滑及び保守が簡単です。

ボールねじの機械効率



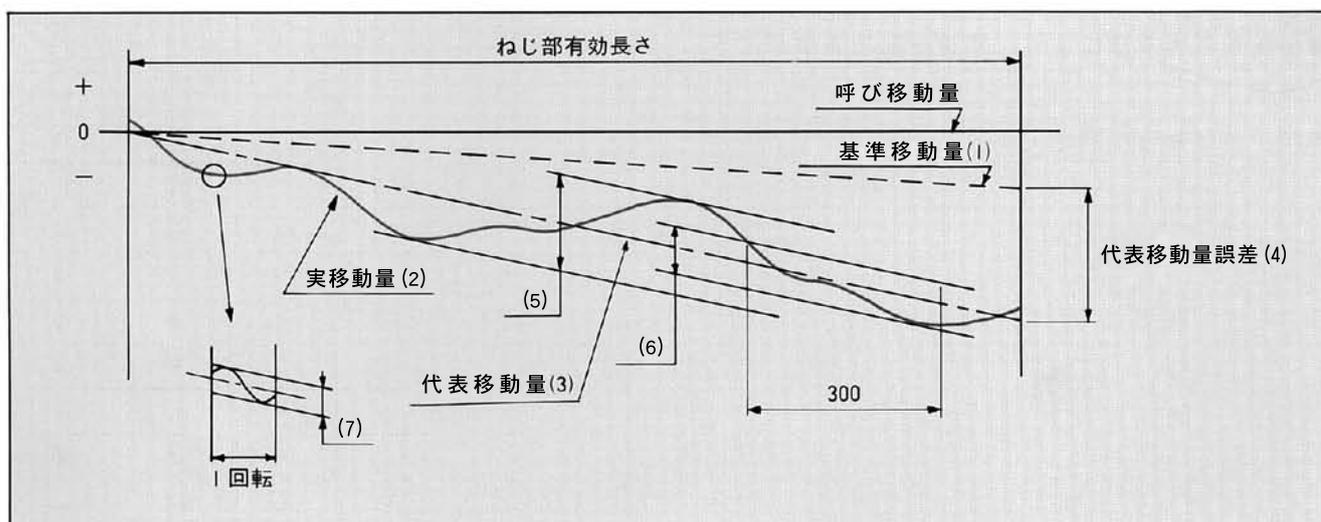
精密ボールねじの精度

精密ボールねじの精度はJIS規格 (B1192-1997) の位置決め用C系列に基づき規定してあります。

1. リード精度

ボールねじのリード精度は、ナットの有効移動距離又はねじ軸のねじ部有効長さに対する代表移動量誤差及び変動、並びにねじ軸のねじ部有効長さの間に任意にとった300mmに対する変動及びねじ部有効長さの間の任意の1回転 (2π rad) に対する変動について規定する。

図 1



2. 用語の意味

この規格に用いる主な用語の意味は、次による。

(1) ボールねじ

ねじ軸とナットが鋼球を介して作動する機械部品。

(2) ねじ溝

ねじ軸とナットが相対する部分で鋼球が転動するねじ状の空間。ねじ溝の表面をねじ溝面という。

(3) ボールねじのリード

ねじ軸の1回転に伴い、ナットが軸方向に進む距離。

(4) ねじ軸のリード

ねじ軸の軸線を含む断面において、同一のねじ溝に属し、互いに隣り合うねじ溝面の相対する2点を軸線に平行に測った距離。

(5) 基準リード

一般には、呼びリードと同じであるが、使用目的に応じて、意識的に呼びリードを修正した値をとることもある（例：呼びリード10mm→基準リード9.9995mm）。

(6) 実リード

実際のボールねじについて測定して求めたリード。

(7) 基準移動量

基準リードに従って任意の回転数回転したときの軸方向移動量〔図1の(1)〕。

(8) 実移動量

実際に測定された軸方向移動量。〔図1の(2)〕。

(9) 代表移動量

実移動量の傾向を代表する直線。ナットの有効移動距離又はねじ軸のねじ部有効長さに対する実移動量を示す曲線から、最小二乗法又はそれに類する近似法によって求められる〔図1の(3)〕。

(10)リード誤差

実リードと基準リードとの差。基準リードより大きい場合には正、小さい場合には負とする。

(11)代表移動量誤差

代表移動量から基準移動量を引いた値〔図1の(4)〕。

(12)変動

代表移動量に平行に引いた2本の直線で挟んだ実移動量の最大幅で、次の3項目について規定する。

(a)ナットの有効移動距離又はねじ軸のねじ部有効長さに対応する最大幅〔図1の(5)〕。

(b)ねじ軸のねじ部有効長さの間に任意にとった300mmに対応する最大幅〔図1の(6)〕。

(c)ねじ軸のねじ部有効長さの間の任意の1回転(2π rad)に対応する最大幅〔図1の(7)〕。

表1 位置決め用(C系列)代表移動量誤差と変動(許容量)

単位 μm

等級及び項目		C0		C1		C2		C3		C5	
ねじ部有効長さ(mm)		代表移動量誤差	変動(1)								
を超え	以下										
—	125	3	3	3.5	5	5	7	8	8	18	18
125	200	3.5	3	4.5	5	7	7	10	8	20	18
200	315	4	3.5	6	5	8	7	12	8	23	18
315	400	5	3.5	7	5	9	7	13	10	25	20
400	500	6	4	8	5	10	7	15	10	27	20
500	630	6	4	9	6	11	8	16	12	30	23
630	800	7	5	10	7	13	9	18	13	35	25
800	1,000	8	6	11	8	15	10	21	15	40	27
1,000	1,250	9	6	13	9	18	11	24	16	46	30
1,250	1,600	11	7	15	10	21	13	29	18	54	35
1,600	2,000	—	—	18	11	25	15	35	21	65	40

注(1) ナットの有効移動距離又はねじ軸のねじ部有効長さに対する変動。

表2 位置決め用(C系列)変動(許容値)

単位 μm

等級	C0		C1		C2		C3		C5	
項目	変動(300) ⁽²⁾	変動(2π) ⁽³⁾								
許容値	3.5	3	5	4	7	5	8	6	18	8

注(2) ねじ軸のねじ部有効長さの間に任意にとった300mmに対する変動。

(3) ねじ軸のねじ部有効長さの間の任意の1回転(2π rad)に対する変動。

表3 搬送用(Ct系列)代表移動量誤差及び変動(許容値)

単位 μm

精度等級	C7	
項目	代表移動量誤差	変動(300)
許容値	※	52

※代表移動量誤差(ep)は次式にて算出します。

$$ep = \frac{2 \cdot lu}{300} \cdot v_{300}$$

lu: ねじ部有効長さ
v₃₀₀: 変動(300)

3. ねじ軸の各部精度

ねじ軸の支持部軸線に対するねじ溝面及び部品取付部の半径方向円周振れ並びに支持部端面の直角度の公差は、それぞれ表3及び表4による。

図2 ボールねじの取付部精度 (図例)

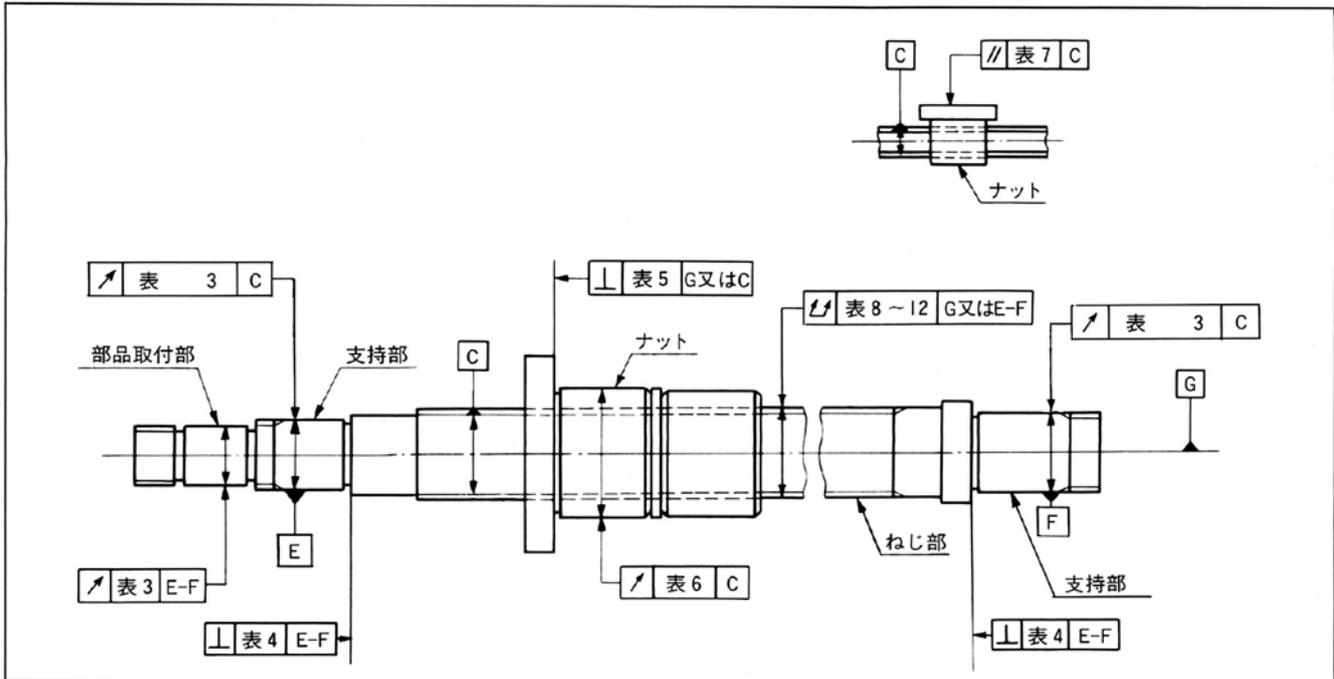


表4 ねじ溝面に対するねじ軸の支持部軸線の半径方向円周振れ⁽⁴⁾とねじ軸の支持部軸線に対する部品取付部の半径方向円周振れ

単位 μm

ねじ軸呼び外径(mm)		振れ公差(最大)				
を 超 え	以 下	C0	C1	C2	C3	C5
—	8	3	5	7	8	10
8	12	4	5	7	8	11
12	20	4	6	8	9	12
20	32	5	7	9	10	13
32	50	6	8	10	12	15

注⁽⁴⁾ この項目の測定には、ねじ軸軸線の振れの影響が含まれるので、その補正が必要となる。その補正方法としては、ねじ軸全長と、支点と測定点間の距離 (L₁、L₂) との比によって (図4参照)、表8、表9、表10、表11及び表12のねじ軸軸線の全振れ公差から補正値を求め、表3の公差に加えて適用する。

表5 ねじ軸の支持部軸線に対する支持部端面の直角度

単位 μm

ねじ軸呼び外径(mm)		直角度公差(最大)				
を 超 え	以 下	C0	C1	C2	C3	C5
—	8	2	3	3	4	5
8	12	2	3	3	4	5
12	20	2	3	3	4	5
20	32	2	3	3	4	5
32	50	2	3	3	4	5

4. ナットの取付部精度(図2参照)

取付の基準になるねじ軸の軸線に対するナット基準端面又はフランジ取付面の直角度、ねじ軸の軸線に対するナット外周面(円筒形又は平面形)の半径方向円周振れ又は平行度の公差は、それぞれ表5、表6及び表7による。

表6 ねじ軸の軸線に対するナット基準端面又はフランジ取付面の直角度

単位 μm

ナット外径(mm)		直角度公差(最大)				
を 超 え	以 下	C0	C1	C2	C3	C5
—	20	5	6	7	8	10
20	32	5	6	7	8	10
32	50	6	7	8	8	11
50	80	7	8	9	10	13
80	125	7	9	10	12	15

表7 ねじ軸の軸線に対するナット外周面(円筒形の場合)の半径方向円周振れ

単位 μm

ナット外径(mm)		振れ公差(最大)				
を 超 え	以 下	C0	C1	C2	C3	C5
—	20	5	6	7	9	12
20	32	6	7	8	10	12
32	50	7	8	10	12	15
50	80	8	10	12	15	19
80	125	9	12	16	20	27

表8 ねじ軸の軸線に対するナット外周面(平面形取付面の場合)の平行度

単位 μm

取付基準長さ(mm)		平行度公差(最大)				
を 超 え	以 下	C0	C1	C2	C3	C5
—	50	5	6	7	8	10
50	100	7	8	9	10	13
100	200	—	10	11	13	17

5. ねじ軸軸線の半径方向全振れ(図2参照)

ねじ軸軸線の振れ公差は、6.5の方法によって測定したとき、各等級によって表8、表9、表10、表11及び表12のいずれかの値を満足しなければならない。

表9 ねじ軸軸線の半径方向全振れ (C0)

単位 mm

ねじ軸呼び 外径		振 れ 公 差 (最 大)					
		を 超 え	—	8	12	20	32
ねじ軸全長		以 下	8	12	20	32	50
を 超 え	以 下						
—	125		0.015	0.015	0.015		
125	200		0.025	0.020	0.020	0.015	
200	315		0.035	0.025	0.020	0.020	
315	400			0.035	0.025	0.020	0.015
400	500			0.045	0.035	0.025	0.020
500	630			0.050	0.040	0.030	0.020
630	800				0.050	0.035	0.025
800	1,000				0.065	0.045	0.030
1,000	1,250				0.085	0.055	0.040
1,250	1,600				0.110	0.070	0.050

表10 ねじ軸軸線の半径方向全振れ (C1)

単位 mm

ねじ軸呼び 外径		振 れ 公 差 (最 大)					
		を 超 え	—	8	12	20	32
ねじ軸全長		以 下	8	12	20	32	50
を 超 え	以 下						
—	125		0.020	0.020	0.015		
125	200		0.030	0.025	0.020	0.015	
200	315		0.040	0.030	0.025	0.020	
315	400		0.045	0.040	0.030	0.025	0.020
400	500			0.050	0.040	0.030	0.025
500	630			0.060	0.045	0.035	0.025
630	800				0.060	0.040	0.030
800	1,000				0.075	0.055	0.040
1,000	1,250				0.095	0.065	0.045
1,250	1,600				0.130	0.085	0.060

表11 ねじ軸軸線の半径方向全振れ (C2)

単位 mm

			振 れ 公 差 (最 大)				
			—	8	12	20	32
ねじ軸全長	ねじ軸呼び 外径	を超え	—	8	12	20	32
		以下	8	12	20	32	50
を超え	以下						
—	125		0.025	0.025	0.020		
125	200		0.035	0.030	0.025	0.020	
200	315		0.045	0.035	0.030	0.025	
315	400		0.050	0.045	0.035	0.030	0.025
400	500			0.055	0.045	0.035	0.025
500	630			0.065	0.050	0.040	0.030
630	800				0.065	0.045	0.035
800	1,000				0.080	0.060	0.045
1,000	1,250				0.105	0.070	0.050
1,250	1,600				0.140	0.095	0.065

表12 ねじ軸軸線の半径方向全振れ (C3)

単位 mm

			振 れ 公 差 (最 大)				
			—	8	12	20	32
ねじ軸全長	ねじ軸呼び 外径	を超え	—	8	12	20	32
		以下	8	12	20	32	50
を超え	以下						
—	125		0.025	0.025	0.020		
125	200		0.035	0.035	0.025	0.020	
200	315		0.050	0.040	0.030	0.030	
315	400		0.060	0.050	0.040	0.035	0.025
400	500			0.065	0.050	0.040	0.030
500	630			0.070	0.055	0.045	0.035
630	800				0.070	0.055	0.040
800	1,000				0.095	0.065	0.050
1,000	1,250				0.120	0.085	0.060
1,250	1,600				0.160	0.110	0.075

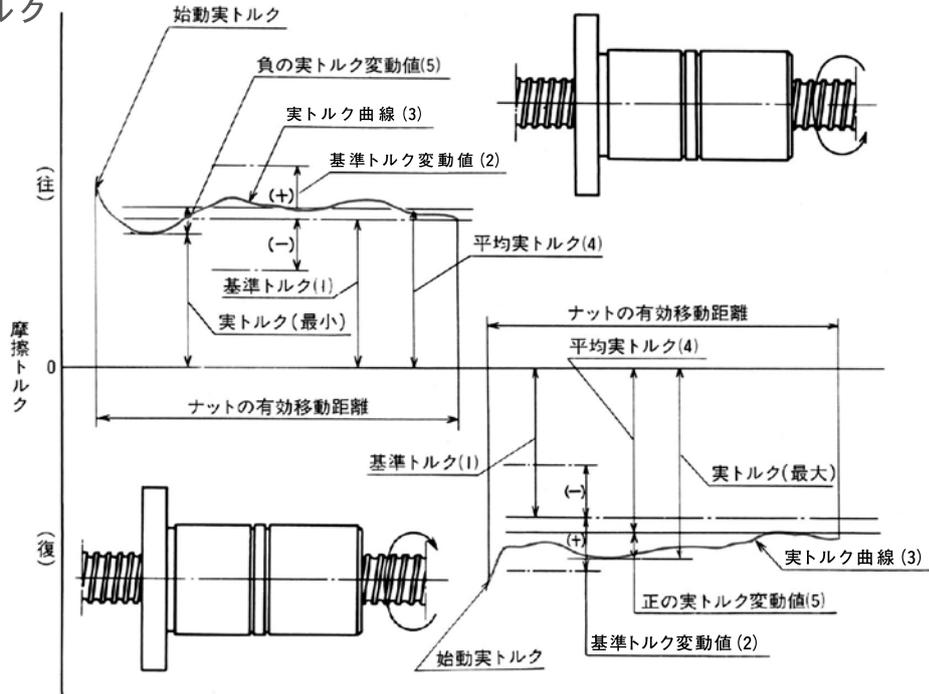
表13 ねじ軸軸線の半径方向全振れ (C5)

単位 mm

ねじ軸呼び 外径		ねじ軸全長	振 れ 公 差 (最大)				
			を 超 え	—	8	12	20
を 超 え	以 下		8	12	20	32	50
—	125		0.035	0.035	0.035		
125	200		0.050	0.040	0.040	0.035	
200	315		0.065	0.055	0.045	0.040	
315	400		0.075	0.065	0.055	0.045	0.035
400	500			0.080	0.060	0.050	0.045
500	630			0.090	0.075	0.060	0.050
630	800				0.090	0.070	0.055
800	1,000				0.120	0.085	0.065
1,000	1,250				0.150	0.100	0.075
1,250	1,600				0.190	0.130	0.095

6. 予圧動トルク

図 3



(1) 予 圧

ボールねじのバックラッシの低減や剛性の増大を図るため、1群の鋼球を組み込んだり又は相互に軸方向に変位させた1対のナットを使用してボールねじ内に作用させる力。

(2) 予圧動トルク

所定の予圧を与えたボールねじを外部から荷重の作用しない状態で、ねじ軸又はナットを連続して回転させるのに必要な動トルク。

(3) 基準トルク

目標として設定した予圧動トルク〔図3の(1)〕。

(4) 基準トルク変動値

目標として設定した予圧動トルクの変動値。基準トルクに対して正及び負にとる〔図3の(2)〕。

(5) トルク変動率

基準トルクに対する変動値の割合。

(6) 実トルク曲線

実際の予圧ボールねじについて測定した動トルク曲線〔図3の(3)〕。

(7) 平均実トルク

ねじ部有効長さについてナットを往復運動させて測定したときの実トルクの最大値と最小値との算術平均値〔図3の(4)〕。

(8) 実トルク変動値

ねじ部有効長さについてナットを往復運動させて測定したときの最大変動値。平均実トルクに対して正及び負にとる〔図3の(5)〕。

(9) 実トルク変動率

平均実トルクに対する実トルク変動値の割合。

表14 基準トルク変動率の許容域

基準トルク (N・cm)		ねじ部有効長さ 4000mm 以下									
		細長比 ⁽⁵⁾ :40 以下					細長比 ⁽⁵⁾ :40 を超え10000 以下				
		等		級			等		級		
を超え	以下	C0	C1	C2	C3	C5	C0	C1	C2	C3	C5
20	40	±30%	±35%	±40%	±40%	±50%	±40%	±40%	±50%	±50%	±60%
40	60	±25%	±30%	±35%	±35%	±40%	±35%	±35%	±40%	±40%	±45%
60	100	±20%	±25%	±30%	±30%	±35%	±30%	±30%	±35%	±35%	±40%
100	250	±15%	±20%	±25%	±25%	±30%	±25%	±25%	±30%	±30%	±35%
250	630	±10%	±15%	±20%	±20%	±25%	±20%	±20%	±25%	±25%	±30%

注⁽⁵⁾ 細長比はねじ軸のねじ部長さ(mm)をねじ軸呼び外径(mm)で除した値をいう。

7. 測定方法

●測定場所の状態

ボールねじの測定場所の状態は、JIS Z 8703（試験場所の標準状態）に規定する標準温度状態を20℃とし、標準状態の温度の許容差はリード精度の測定については1級、その他の測定については15級とする。

●リード精度

ボールねじのリード精度は、原則として、実移動量と変動（ 2π ）について次によって測定し、代表移動量誤差及び変動については計算又は作図によって求める。なお、実移動量については、ねじ軸単体の測定で代用してもよい。

(1)ねじ軸の支持方法

支点間の自重たわみの影響による測定誤差が極力含まれないように支持する。

(2)実移動量

実移動量の測定は、連続測定方法又はねじ軸を固定し、回転角度の同じ位置で表14に示す測定間隔を最大とする基準測定長さによる測定方法のいずれかによる。

(3)変動（ 2π ）

変動（ 2π ）の測定は、1リード内における連続測定によるか、少なくとも1リード内の等分8ヶ所で行う。測定位置は、ねじ軸のねじ部両端の近傍及び中央とする。

表15 300mm当たりの最小測定箇所数（測定間隔）

等級	呼びリード（mm）				
	2.5以下	2.5を超え5以下	5を超え10以下	10を超え20以下	20を超え40以下
0	20	20	15	6	—
1	15	15	10	5	—
2	10	10	5	4	2
3	10	10	5	4	2
5	6	6	3	3	1

備考

ねじ軸単体の測定に当たっては、測定子をねじ溝面の片側に当てても両側に当ててもよい。この際、ねじ溝面と測定子との接触位置は、ねじ溝面と鋼球との接点位置が望ましい。

●ねじ溝面に対するねじ軸の支持部軸線の精度及び支持部軸線に対する部品取付部の精度

ねじ溝面に対するねじ軸の支持部軸線の精度及び支持部軸線に対する部品取付部の精度は次によって測定する。

(1)ねじ軸の支持方法

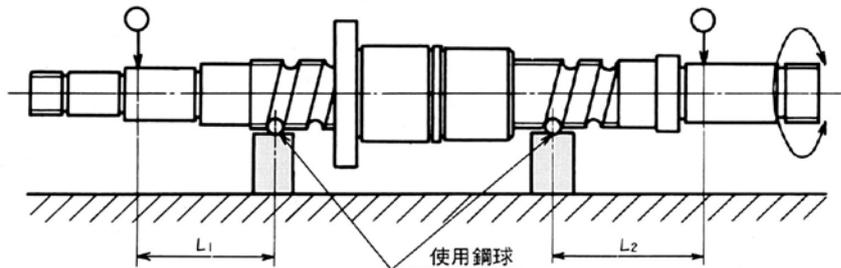
ねじ軸の精度の測定時には、その曲がりの影響による測定誤差が極力含まれないよう、ねじ軸の長さによって2点以上で正確に支持する。

(2)ねじ溝面に対するねじ軸の支持部軸線の半径方向円周振れ

図4に示すように、ねじ軸をねじ部両端の近傍において、使用鋼球と同寸法の鋼球で支え、ねじ軸の支持部外径に測定子を当て、軸を1回転させたときの振れを測定し、この値をねじ溝面に対するねじ軸の支持部軸線の半径方向円周振れとする。

この場合、組み立てたナット又は専用ジグを利用して、ねじ軸を支持してもよい。

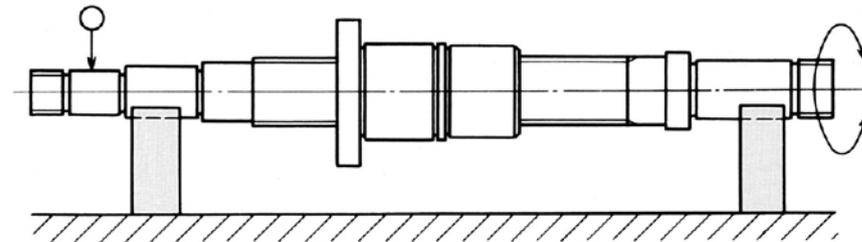
図4



(3)ねじ軸の支持部軸線に対する部品取付部の半径方向円周振れ

原則として、図5に示すようにねじ軸をその支持部で支え、部品取付部の外径に測定子を当て、ねじ軸を1回転させたときの振れを測定し、この値をねじ軸の支持部軸線に対する部品取付部の半径方向円周振れとする。

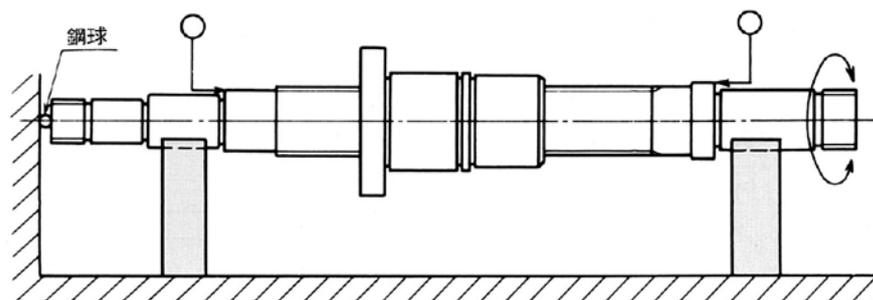
図5



(4)ねじ軸の支持部軸線に対する支持部端面の直角度

原則として、図6に示すようにねじ軸の片端を突き当てながら支持部で支え、その支持部端面に測定子を当て、軸を1回転させたときの振れによって直角度を求める。

図6



●ナットの取付部精度

ナットの取付部精度は、次によって測定する。

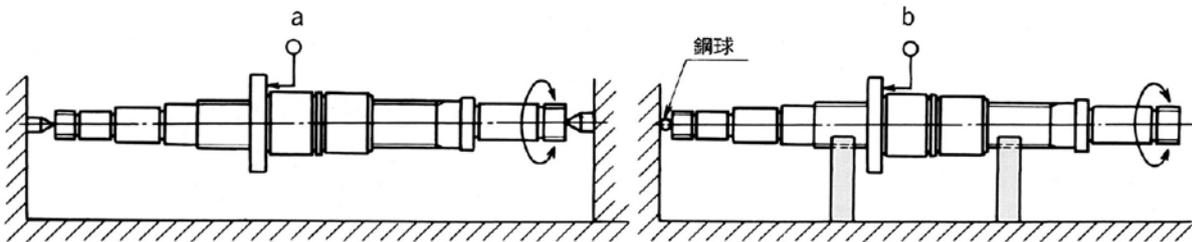
(1)ねじ軸の支持方法

ナットの精度の測定時には、ねじ軸の曲がりの影響による測定誤差が極力含まれないように、ねじ軸の長さによって2点以上で正確に支持する。

(2)ねじ軸の軸線に対するナット基準端面又はフランジ取付面の直角度

図7のa、bに示すように、ねじ軸を両センタ又はナット近傍のねじ軸外径で支え、その片端を突き当て、ナットの基準側端面又はフランジ取付面のナット外径にできる限り近い位置に測定子を当て、ねじ軸とナットを同動に回転させたときの振れによって直角度を求める。

図7

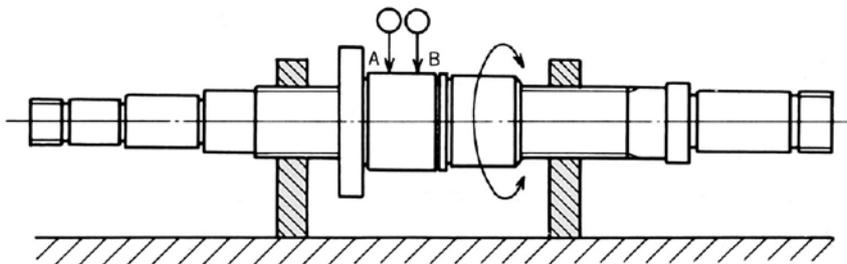


(3)ねじ軸の軸線に対するナット外周面（円筒形の場合）

の半径方向円周振れ

図8に示すように、ねじ軸をナット近傍で固定し、ナット外周面A、B点に測定子を当てて、ナットを1回転させたときの円周振れの最大値を求める。

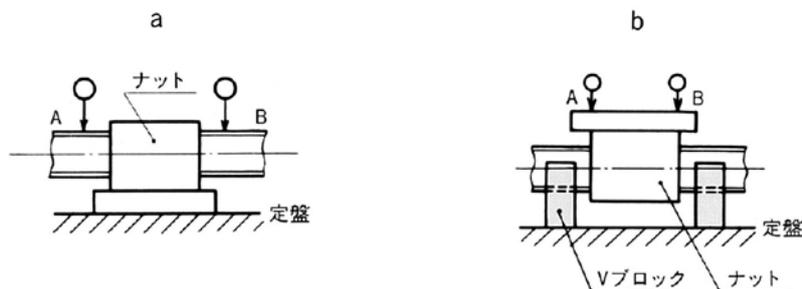
図8



(4)ねじ軸の軸線に対するナット外周面（平面形取付面の場合）の平行度

図9aに示すように、ナット近傍のねじ軸外径のA、B点の取付面からの高さを測定し、又は図9bに示すように、ねじ軸を2個以上のブロックによって定盤上で水平に支持して定盤からナットのA、B点の高さを測定し、A、B点における測定値の差によって平行度を求める。これらの場合のA、B間の距離は、原則として表7の取付基準長さをとることとする。

図9

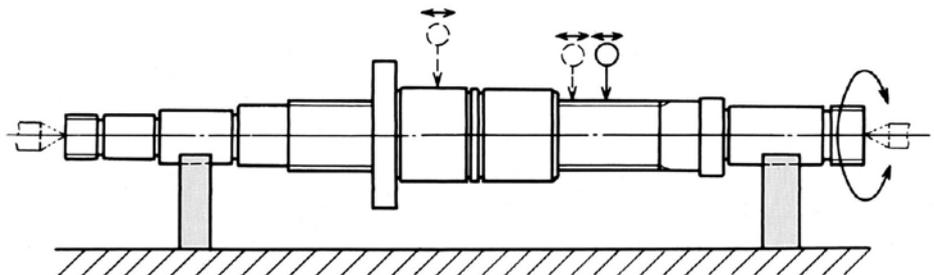


●ねじ軸軸線の半径方向全振れ

ねじ軸軸線の半径方向全振れは、図10に示すように、ねじ軸をその支持部又は両センタで支えて、測定子をねじ軸の外周面に当て、ねじ軸を1回転したときの振れを軸方向数箇所の位置について測定し、その最大値によって求める。

なお、ねじ軸外周面での測定が困難な場合は、測定子をナット外周面に当て、ねじ軸とナットを同時に回転させたときの振れを軸方向数箇所の位置について測定し、その最大値によって求めてもよい。

図10



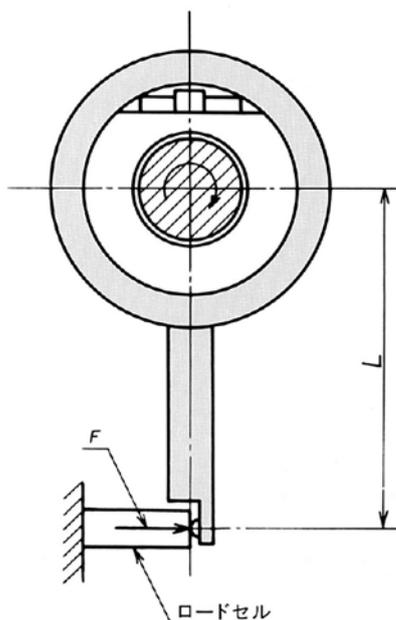
●予圧動トルク

予圧動トルク (T_p) は、下記の測定条件で図11に示すようにねじ軸を回転させたとき、ナットを停止させておくために必要な力 (F) を測定し、測定値にその作用線と直角方向に測定したねじ軸中心までの距離 (L) を掛けて次式によって算出する。

$$T_p = FL$$

- 測定条件 (1)測定は、シールを取り付けない状態で行う。
 (2)測定回転速度は、 100min^{-1} とする。
 (3)潤滑油の粘度は、JISK 2001 (工業用潤滑油粘度分類) に規定するISO VG 68とする。

図11



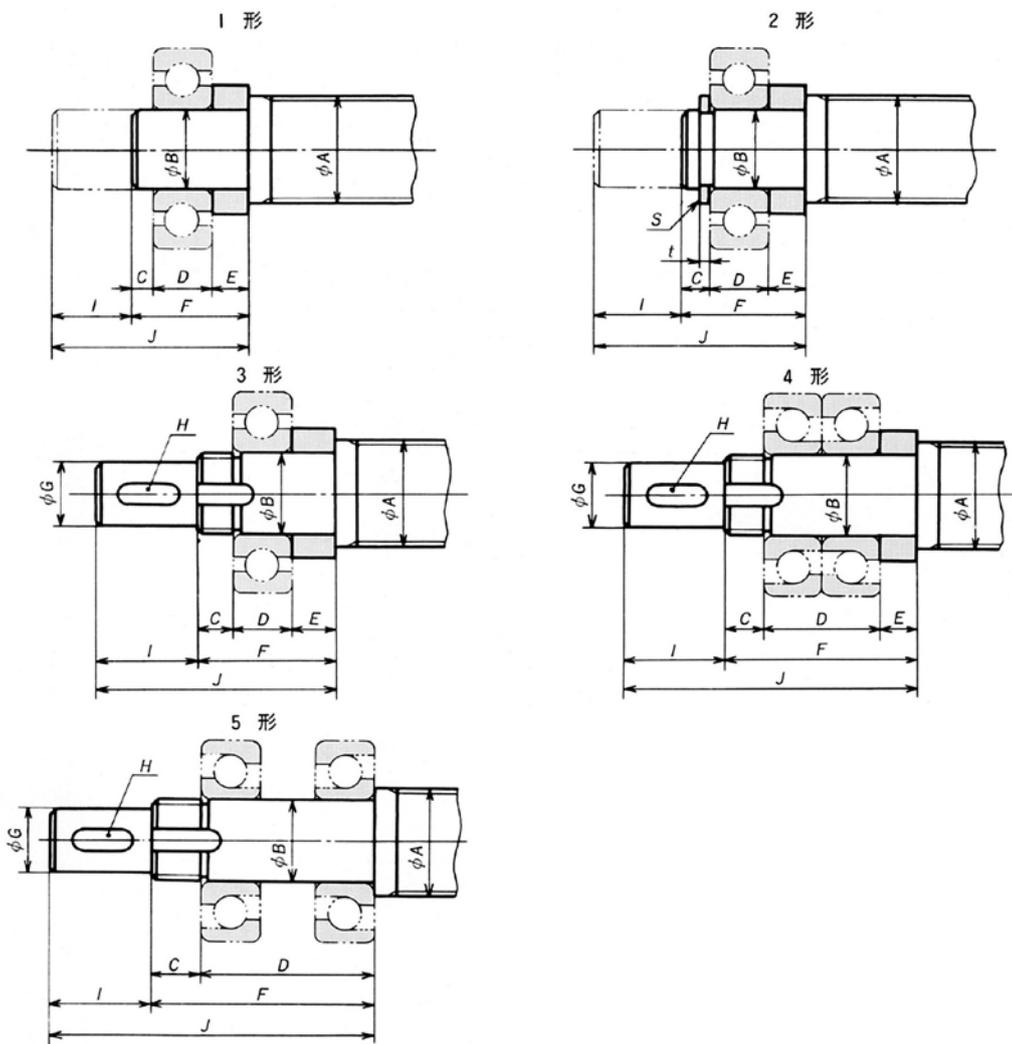
参 考

1. 軸端の寸法・形状 (JIS B 1192)

軸端寸法を参考図1及び参考表1～5に示す。

精密ボールねじ軸端部の設計に当たっては、可能な限り参考表1～5によることが望ましい。

参考図1



- 備 考
1. 軸端寸法は、JIS B 0903(円筒軸端)を基準にした。
 2. リターンプレート式のナットを使用する場合及びリターンチューブ式のナットを特殊に使用する場合には、ねじ部片端を切り上げない形状に設計する必要がある。
 3. 転がり軸受は、設計仕様に応じて各種形式のものを使用するが、この図はその一例を示したものである。

参考表1 軸端寸法 (1形)

単位 mm

A ねじ軸呼び外径	B	C	D	E	F	駆動軸端 I	J	使 用 転がり軸受例 (JISによる) 呼び番号
6	4	3	5	4	12	10	22	624
8	6	3	6	5	14	12	26	626
10	8	3	8	6	17	16	33	628
12	10	3	9	7	19	—	19	6200
16	12	3	10	8	21	—	21	6201
20	15	3	11	—	14	—	14	6202
25	17	3	12	—	15	—	15	6203

参考表2 軸端寸法 [2形⁽¹⁾]

単位 mm

A ねじ軸呼び外径	B	C	止め輪 S ⁽²⁾		D	E	F	駆動軸端 I	J	使 用 転がり軸受例 (JISによる) 呼び番号
			呼び	t						
6	4	3	4	—	5	4	12	10	22	624
8	6	3	6	—	6	5	14	12	26	626
10	8	3	8	—	8	6	17	16	33	628
12	10	3	10	—	9	7	19	—	19	6200
16	12	3	12	—	10	8	21	—	21	6201
20	15	3	15	—	11	—	14	—	14	6202
25	17	3	17	—	12	—	15	—	15	6203
32	20	4	20	1.20	14	—	18	—	18	6204
40	30	5	30	1.50	16	—	21	—	21	6206

注⁽¹⁾ 2形で止め輪に軸方向荷重が働く設計の場合は、止め輪の許容軸方向荷重を確認すること。

⁽²⁾ ねじ軸呼び外径32以上の止め輪は、JIS B 2804 (止め輪) による。

参考表3 軸端寸法 (3形)

単位 mm

A ねじ軸呼び外径	B	C	D	E	F	G	H ⁽³⁾	駆動軸端 I	J	使用 転がり軸受例 (JISによる 呼び番号)
12	10	9	18	7	25	8	2×1.2	16	41	6200
16	12	9	20	8	27	10	3×1.8	20	47	6201
20	15	11	22	—	22	12	4×2.5	25	47	6202
25	17	11	24	—	23	14	5×3	25	48	6203
32	20	13	28	—	27	16	5×3	28	55	6204
40	30	18	32	—	34	25	8×4	42	76	6206

参考表4 軸端寸法 (4形)

単位 mm

A ねじ軸呼び外径	B	C	D	E	F	G	H ⁽³⁾	駆動軸端 I	J	使用 転がり軸受例 (JISによる 呼び番号)
12	10	9	18	7	34	8	2×1.2	16	50	7200
16	12	9	20	8	37	10	3×1.8	20	57	7201
20	15	11	22	—	33	12	4×2.5	25	58	7202
25	17	11	24	—	35	14	5×3	25	60	7203
32	20	13	28	—	41	16	5×3	28	69	7204
40	30	18	32	—	50	25	8×4	42	92	7206

参考表5 軸端寸法 (5形)

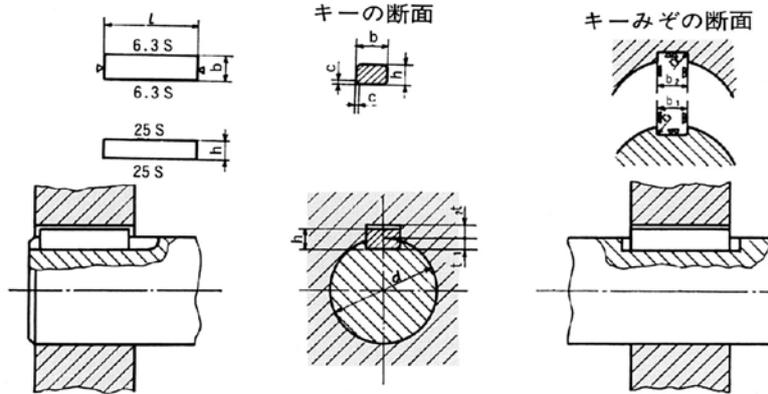
単位 mm

A ねじ軸呼び外径	B	C	D	E	F	G	H ⁽³⁾	駆動軸端 I	J	使用 転がり軸受例 (JISによる 呼び番号)
20	15	11	44	—	55	12	4×2.5	25	80	7202
25	17	11	48	—	59	14	5×3	25	84	7203
32	20	13	56	—	69	16	5×3	28	97	7204
40	30	18	70	—	88	25	8×4	42	130	7206

注⁽³⁾ キー溝寸法は、JIS B 1301 (沈みキー及びキー溝) による。

2. 平行キー及びキーみぞの形状及び寸法 (JIS B 1301)

参考図 2



参考表 6

キーの呼び寸法 $b \times h$	キーの寸法					キーみぞの寸法							参考 (4) 適応する軸径 d			
	b		h		C	ℓ (3)	$b_1 \cdot b_2$ の基準寸法	精 級		並 級		r_1 及び r_2		t_1 の基準寸法	t_2 の基準寸法	$t_1 \cdot t_2$ の許容差
	基準寸法	許容差 (h9)	基準寸法	許容差				b_1 及び b_2 の許容差 (P9)	b_1 の許容差 (N9)	b_2 の許容差 (Js9)						
2×2	2	0	2	0	0.16 ~0.25	6~20	2	-0.006	-0.004	±0.0125	0.08 ~0.16	1.2	1.0	+0.1 0	6~8	
3×3	3	-0.025	3	-0.025		6~36	3	-0.031	-0.029			1.8	1.4		8~10	
4×4	4	0 -0.030	4	0		8~45	4	-0.012 -0.042	0	±0.0150		0.16 ~0.25	2.5		1.8	10~12
5×5	5		5	-0.030	10~56	5	0		±0.0180	3.0	2.3		12~17			
6×6	6	0 -0.036	6	0	0.25 ~0.40	14~70	6	-0.015 -0.051	0	±0.0180	0.25 ~0.40	3.5	2.8	+0.2 0	17~22	
(7×7)	7		7	-0.036		16~80	7		0	±0.0215		4.0	3.0		20~25	
8×7	8		7	0 -0.090		18~90	8		0	±0.0215		4.0	3.3		22~30	
10×8	10	8	22~110		10	0	±0.0215	5.0	3.3	30~38						
12×8	12	0 -0.043	8	0	0.40 ~0.60	28~140	12	-0.018 -0.061	0	±0.0215	0.25 ~0.40	5.0	3.3	+0.2 0	38~44	
14×9	14		9	-0.090		36~160	14		0	±0.0215		5.5	3.8		44~50	
(15×10)	15		10	40~180		15	0		±0.0215	5.0		5.0	50~55			
16×10	16	0 -0.052	10	0	0.60 ~0.80	45~180	16	-0.022 -0.074	0	±0.0260	0.40 ~0.60	6.0	4.3	+0.2 0	50~58	
18×11	18		11	50~200		18	0		±0.0260	7.0		4.4	58~65			
20×12	20		12	56~220		20	0		±0.0260	7.5		4.9	65~75			
22×14	22	0 -0.110	14	0	0.60 ~0.80	63~250	22	-0.022 -0.074	0	±0.0260	0.40 ~0.60	9.0	5.4	+0.2 0	75~85	
(24×16)	24		16	70~280		24	0		±0.0260	8.0		8.0	80~90			
25×14	25	0 -0.110	14	0	0.60 ~0.80	70~280	25	-0.022 -0.074	0	±0.0260	0.40 ~0.60	9.0	5.4	+0.2 0	85~95	
28×16	28		16	80~320		28	0		±0.0260	10.0		6.4	95~110			

注(3) ℓ は、表の範囲内で、次の中から選ぶ。なお、 ℓ の寸法許容差は、原則として JIS B 0401 (寸法公差及びはめあい) の h12 とする。
6、8、10、12、14、16、18、20、22、25、28、32、36、40、45、50、56、63、70、80、90、100、110、125、140、160、180、200、220、250、280、320、360、400

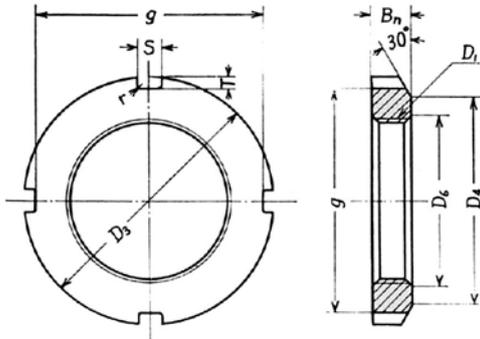
注(4) 適応する軸径は、キーの強さに対応するトルクに適応するものとする。

備考 括弧を付けた呼び寸法のものは、なるべく使用しない。

参考 本文に定めたキーの許容差よりも公差の小さいキーが必要な場合には、キーの幅 b に対する許容差を $h7$ とする。この場合の高さ h の許容差は、キーの呼び寸法 7×7 以下は $h7$ 、キーの呼び寸法 8×7 以上は $h11$ とする。

3. ころがり軸受用ナット(JIS B 1554)

参考図 3



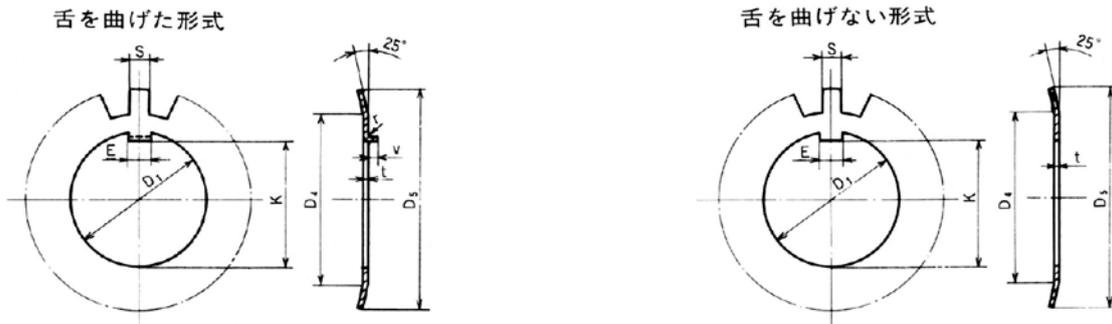
参考表 7

単位 mm

呼び番号	ナット系列 AN											参 考												
	ねじの呼び (D)	基 準 寸 法									アダプタスリーブの内径番号	座金の呼び番号	止め金の呼び番号	取りはずしスリーブの呼び番号						軸径 (軸用)				
		D ₃	D ₄	g	S	T	D ₆	B _n	r (最大)	ねじ穴				AH30	AH31	AH 2	AH22	AH32	AH 3		AH23			
AN02	M 15×1	25	21	21	4	2	15.5	5	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15	
AN03	M 17×1	28	24	24	4	2	17.5	5	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	17	
AN04	M 20×1	32	26	28	4	2	20.5	6	0.4	—	—	04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	
AN05	M 25×1.5	38	32	34	5	2	25.8	7	0.4	—	—	05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25	
AN06	M 30×1.5	45	38	41	5	2	30.8	7	0.4	—	—	06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	
AN07	M 35×1.5	52	44	48	5	2	35.8	8	0.4	—	—	07	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	35	
AN08	M 40×1.5	58	50	53	6	2.5	40.8	9	0.5	—	—	08	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	
AN09	M 45×1.5	65	56	60	6	2.5	45.8	10	0.5	—	—	09	—	—	—	—	—	—	—	—	AH208	AH308	AH2308	45
AN10	M 50×1.5	70	61	65	6	2.5	50.8	11	0.5	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—	AH209	AH308	AH2309	50

4. ころがり軸受用座金(JIS B 1554)

参考図 4



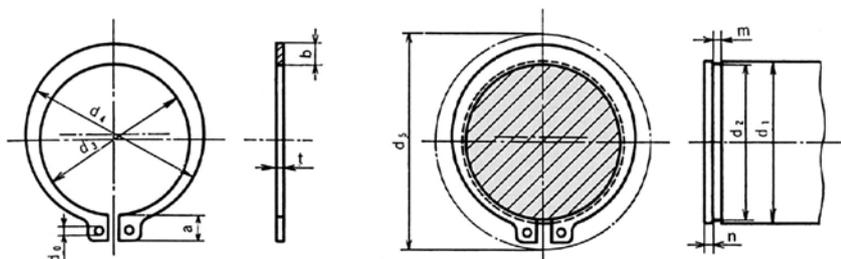
参考表 8

単位 mm

呼 び 番 号		座 金 系 列 A W									参 考			
舌を曲げた形式	舌を曲げない形式	基 準 寸 法							歯の数	アダプタスリーブの内径番号	ナットの呼び番号	軸径 (軸用)		
		D ₁	k	E	f	S	D ₄	D ₅					舌を曲げた形式	
AW 02	AW 02 X	15	13.5	4	1	4	21	28	1	2.5	13	—	AN 02	15
AW 03	AW 03 X	17	15.5	4	1	4	24	32	1	2.5	13	—	AN 03	17
AW 04	AW 04 X	20	18.5	4	1	4	26	36	1	2.5	13	04	AN 04	20
AW 05	AW 05 X	25	23	5	1.2	5	32	42	1	2.5	13	05	AN 05	25
AW 06	AW 06 X	30	27.5	5	1.2	5	38	49	1	2.5	13	06	AN 06	30
AW 07	AW 07 X	35	32.5	6	1.2	5	44	57	1	2.5	15	07	AN 07	35
AW 08	AW 08 X	40	37.5	6	1.2	6	50	62	1	2.5	15	08	AN 08	40
AW 09	AW 09 X	45	42.5	6	1.2	6	56	69	1	2.5	17	09	AN 09	45
AW 10	AW 10 X	50	47.5	6	1.2	6	61	74	1	2.5	17	10	AN 10	50

5. C形止め輪 (JIS B 2804)

参考図 5



参考表 9

単位 mm

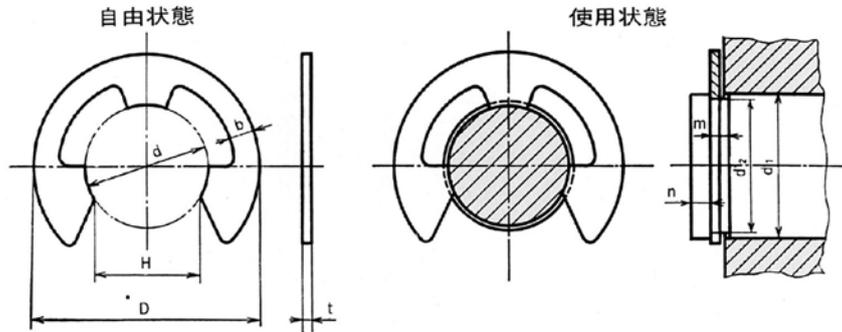
呼 び (1)			止 め 輪					適 用 す る 軸 (参 考)												
			d ₃		t		b	a	d ₀	d ₅	d ₁	d ₂		m		n				
1	2	3	基準寸法	許容差	基準寸法	許容差	約	約	最小			基準寸法	許容差	基準寸法	許容差	最小				
10			9.3	±0.15	1	±0.05	1.6	3	1.2	17	10	9.6	0 -0.09	1.15						
	11		10.2				1.8	3.1		18	11	10.5								
12			11.1	1.5			1.7	1.8	3.2	19	12	11.5	0 -0.11							
		13	12					1.8	3.3	20	13	12.4								
14			12.9	±0.18			1.7	2	3.4	22	14	13.4	0 -0.11							
15			13.8					2.1	3.5	23	15	14.3								
16			14.7	±0.18			1.7	2.2	3.6	24	16	15.2	0 -0.11							
17			15.7					2.2	3.7	25	17	16.2								
18			16.5	1.2			±0.06	2.6	3.8	26	18	17	0 -0.21				1.35	+0.14 0	1.5	
	19		17.5					2.7	3.8	27	19	18								
20			18.5		2.7	3.9		28	20	19										
		21	19.5		2.7	4		30	21	20										
22			20.5		3.1	4.2		33	24	22.9										
	24		22.2		3.1	4.3		34	25	23.9										
25			23.2		±0.2	±0.06		3.1	4.4	35	26	24.9		0 -0.21						
	26		24.2					3.1	4.6	38	28	26.6								
28			25.9		(2) 1.6	±0.06		3.5	4.7	39	29	27.6		0 -0.25	(2) 1.75					
		29	26.9					3.5	4.8	40	30	28.6								
30			27.9	3.5			5	43	32	30.3										
32			29.6	4			5.3	45	34	32.3										
		34	31.5	4			5.4	46	35	33										
35			32.2	±0.25			±0.06	4	5.4	47	36	34	0 -0.25							
	36		33.2					4.5	5.6	50	38	36								
	38		35.2	±0.25			±0.07	4.5	5.6	53	40	38	0 -0.25							
40			37					4.5	5.8	55	42	39.5								
	42		38.5					4.5	6.2	58	45	42.5								
45			41.5	±0.4	1.8	±0.07	4.8	6.3				1.95		2						

注 (1) 呼びは、1 欄のものを優先し、必要に応じて 2 欄、3 欄の順とする。なお、3 欄は将来廃止する予定である。

(2) 厚さ(t)=1.6mmは当分の間1.5mmとすることができる。この場合 m は 1.65mm とする。

6. E形止め輪(JIS B 2804)

参考図6



備考 形状は一例を示す

参考表10

単位 mm

呼び	止 め 輪										適用する軸 (参考)					
	$d^{(1)}$		D		H		t		b	d_1 の区分		d_2		m		n
	基準 寸法	許容差	基準 寸法	許容差	基準 寸法	許容差	基準 寸法	許容差	約	を超え	以下	基準 寸法	許容差	基準 寸法	許容差	最小
0.8	0.8	0 -0.08	2	± 0.1	0.7	0 -0.25	0.2	± 0.02	0.3	1	1.4	0.8	$+0.05$ 0	0.3	$+0.05$ 0	0.4
1.2	1.2	0 -0.09	3		1		0.3	± 0.025	0.4	1.4	2	1.2	$+0.06$ 0	0.4		0.6
1.5	1.5		4		1.3		0.4	± 0.03	0.6	2	2.5	1.5		$+0.075$ 0		0.5
2	2		5	1.7	0.4	0.7	2.5		3.2	2	$+0.09$ 0	0.9			$+0.1$ 0	1
2.5	2.5	6	2.1	0.4	0.8	3.2	4		2.5	$+0.11$ 0			$+0.14$ 0			3
3	3	7	2.6	0.6	0.9	4	5	3	$+0.13$ 0					2.2		
4	4	9	3.5	0.6	1.1	5	7	4			0	2				
5	5	11	4.3	0.6	1.2	6	8	5		0			2			
6	6	12	5.2	0.8	1.4	7	9	6	0					2		
7	7	14	6.1	0.8	1.6	8	11	7			0	2				
8	8	16	6.9	0.8	1.8	9	12	8		0			2			
9	9	18	7.8	0.8	2.0	10	14	9	0					2		
10	10	20	8.7	1.0	2.2	11	15	10			0	2				
12	12	23	10.4	1.0	2.4	13	18	12		0			2			
15	15	29	13.0	1.6	2.8	16	24	15	0					2		
19	19	37	16.5	1.6	4.0	20	31	19			0	2				
24	24	44	20.8	2.0	5.0	25	38	24		0			2			

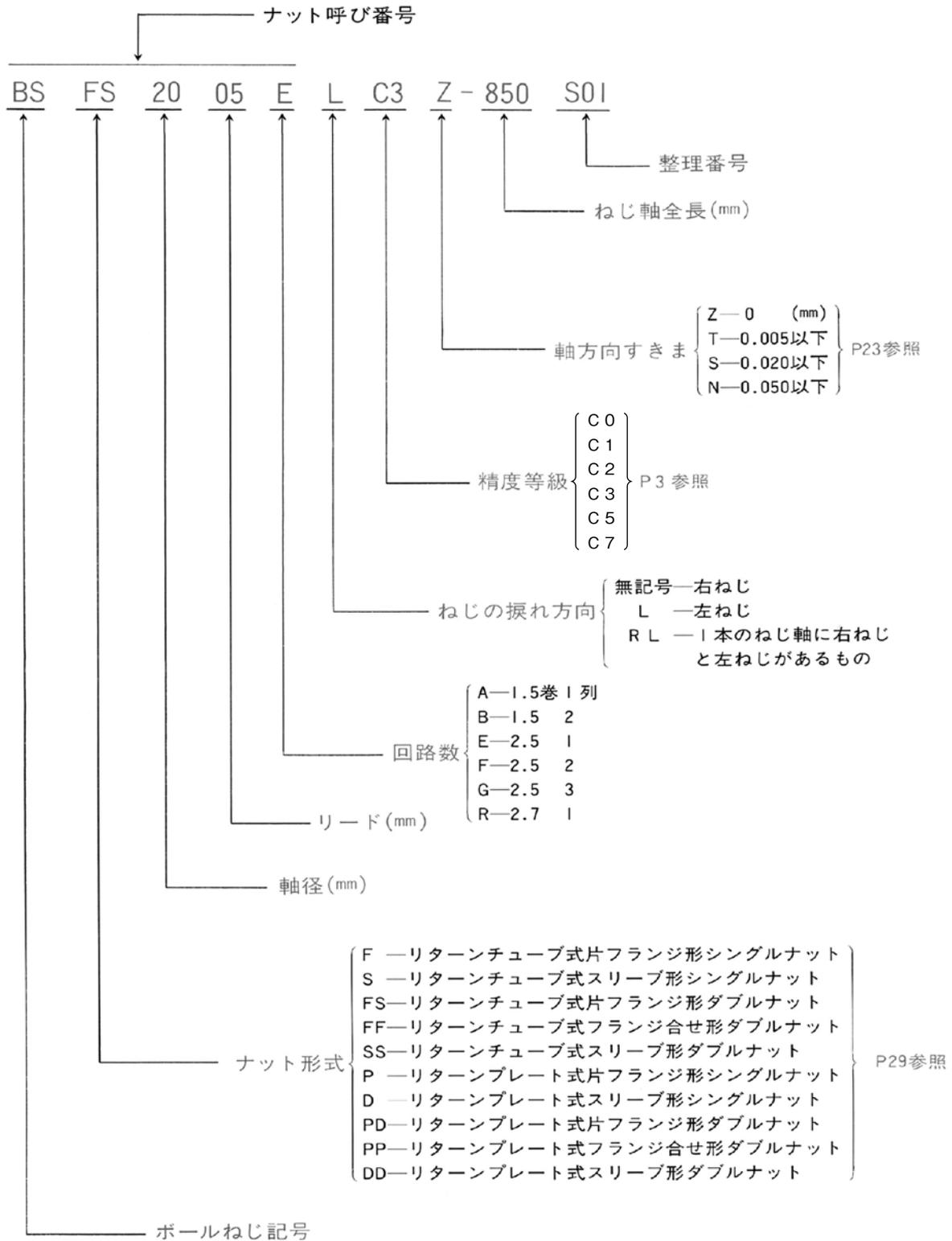
注 (1) d の測定には、限界プラグゲージを用いる。

(2) 厚さ(t)=1.6mmは、当分の間1.5mmとすることができる。この場合 m は1.65mmとする。

備考 適用する軸の寸法は、推奨する寸法を参考として示したものである。

参考 厚さ t は、日本ばね工業会規格 JIMA No. 6-1976(ばね用鋼帯)によっている。

ISSOKU ボールねじ呼び番号



ねじ軸の設計

1. ねじ径とリードの組合せ

表16

単位 mm

ねじ径	リ　　ー　　ド														
	1	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	15	16	20	25
4	○														
5	○														
6	◎	○	◎												
8	◎	○	◎		○	○	○	○	○						
10	○	○	◎	○	○	◎	◎	○	○	◎					
12	○		◎	○	○	◎	◎	○	○	◎			○	◎	
14	○		◎	○	○	◎	◎	○	○				○		
15			○			○	○			◎		○		◎	
16			○	○	○	◎	○	○	○	○			◎	○	
18			○			○		○							
20			○		○	○	○	○	○	◎	○		○	◎	
25			○		○	○	○	○	○	○	○		○	○	○
28							○	○	○						
32						○	○	○	○	○					
36							○	○	○	○					
40						○	○	○	○	○					

- ISSOKUでは表中の◎、○のサイズを製作しています。
- ◎のサイズはISSOKUボールねじ標準シリーズを用意しておりますので短納期、廉価にてご利用できます。
- この表以外のサイズも製作しています（特殊リード・インチサイズ）ISSOKUまでお問い合わせ下さい。

2. 軸方向すきま

●軸方向すきま

表17

軸方向すきま記号	Z	T	S	N
軸方向すきま量(mm)	0	0.005以下	0.020以下	0.050以下

●精度等級と軸方向すきま

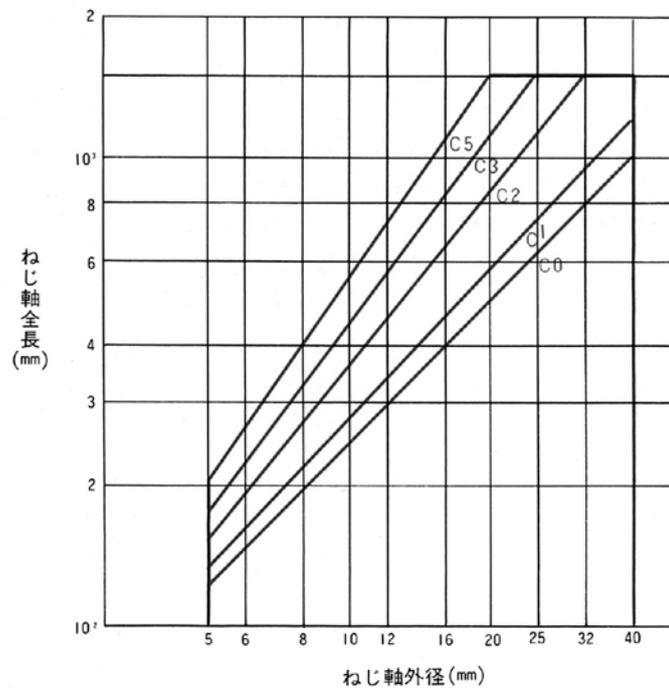
表18

軸方向すきま記号		Z	T	S	N
精 度 等 級	C 0	C 0 Z	C 0 T		
	C 1	C 1 Z	C 1 T		
	C 2	C 2 Z	C 2 T	C 2 S	
	C 3	C 3 Z	C 3 T	C 3 S	C 3 N
	C 5	C 5 Z	C 5 T	C 5 S	C 5 N

3. ねじ軸の製作範囲

表18は標準の作業で製作できるねじ軸の最大長さを示します。製作範囲を超える場合はご相談下さい。

表19

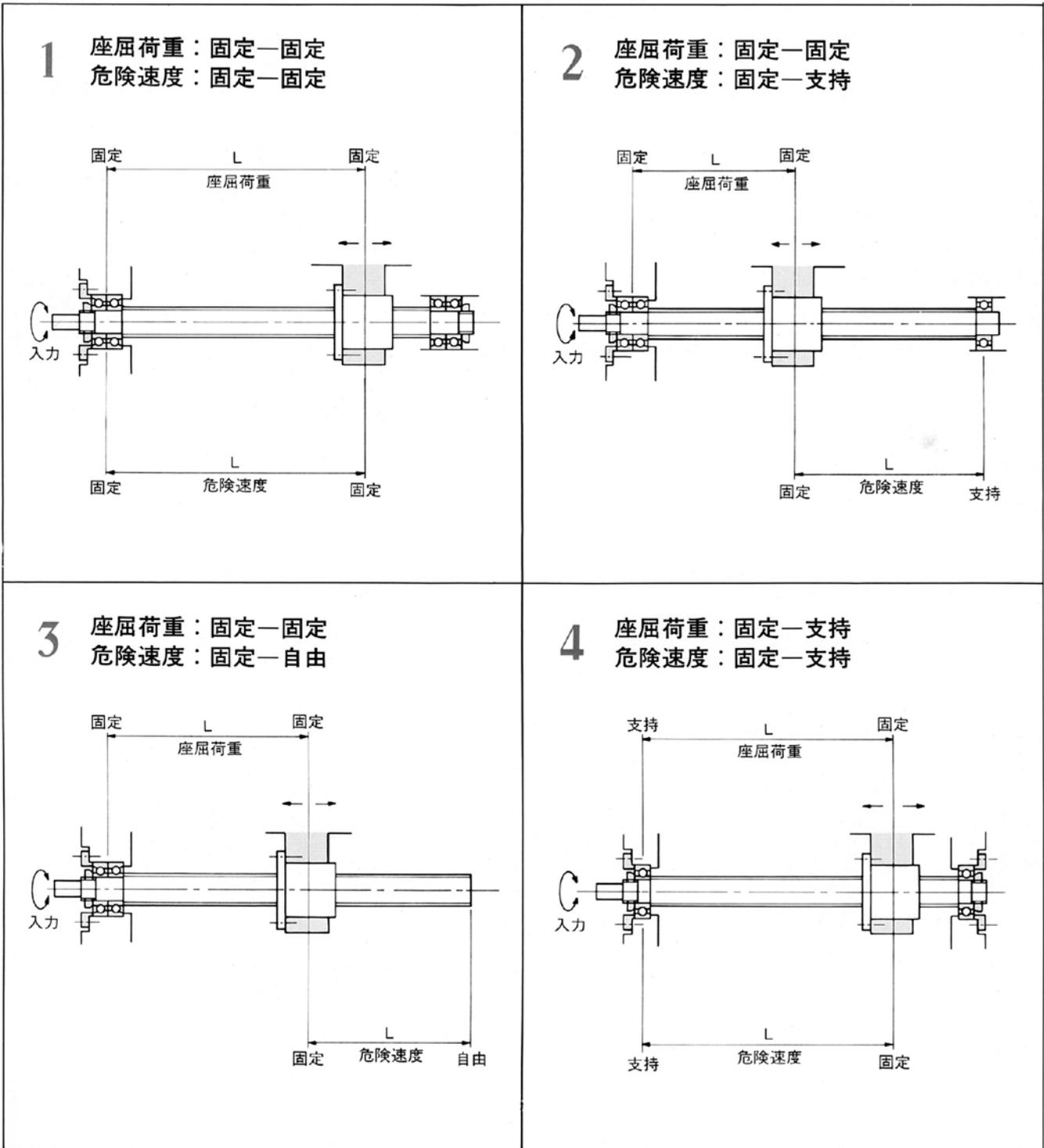


4. 取付方法

適正なボールねじを選定するに当たって、取付方法は重要な項目です。下図に代表的な取付方法を示します。座屈荷重及び危険速度の計算には図表の取付方法にて計算します。

下図以外の取付方法についてはISSOKUまでご相談下さい。

図12



5. 許容軸方向荷重

軸方向荷重に対する最小軸径を選定するための方法として許容軸方向荷重線図を図13に示します。

(1) 斜線

オイラーの式による許容座屈荷重です。

$$P = \frac{H \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} \times \alpha$$

ここで

P：許容座屈荷重 (N)

α ：安全係数 (0.5)

E：縦弾性係数 ($2.06 \times 10^5 \text{N}/\mu\text{m}$)

I：ねじ軸断面二次モーメント

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

dr：ねじ軸谷径 (mm) 寸法表参照

L：取付間距離 (mm) P24 参照

H：ボールねじの取付方法による係数

支持—支持	H = 1	} 取付方法は P24 参照
固定—支持	H = 2	
固定—固定	H = 4	
固定—自由	H = 1/4	

(2) 軸方向荷重目盛に垂直な線

許容引張・圧縮荷重 (許容応力 $150 \text{N}/\text{mm}^2$) です。支持—支持の目盛から選定して下さい。

(3) 軸方向荷重目盛に平行な線

ねじ軸の直径に対し標準的な作業で製作できる長さの限界を示します。(C 5 級)

P23を参照下さい。

計算例

取付間距離 900mm

最大軸方向荷重 15000N

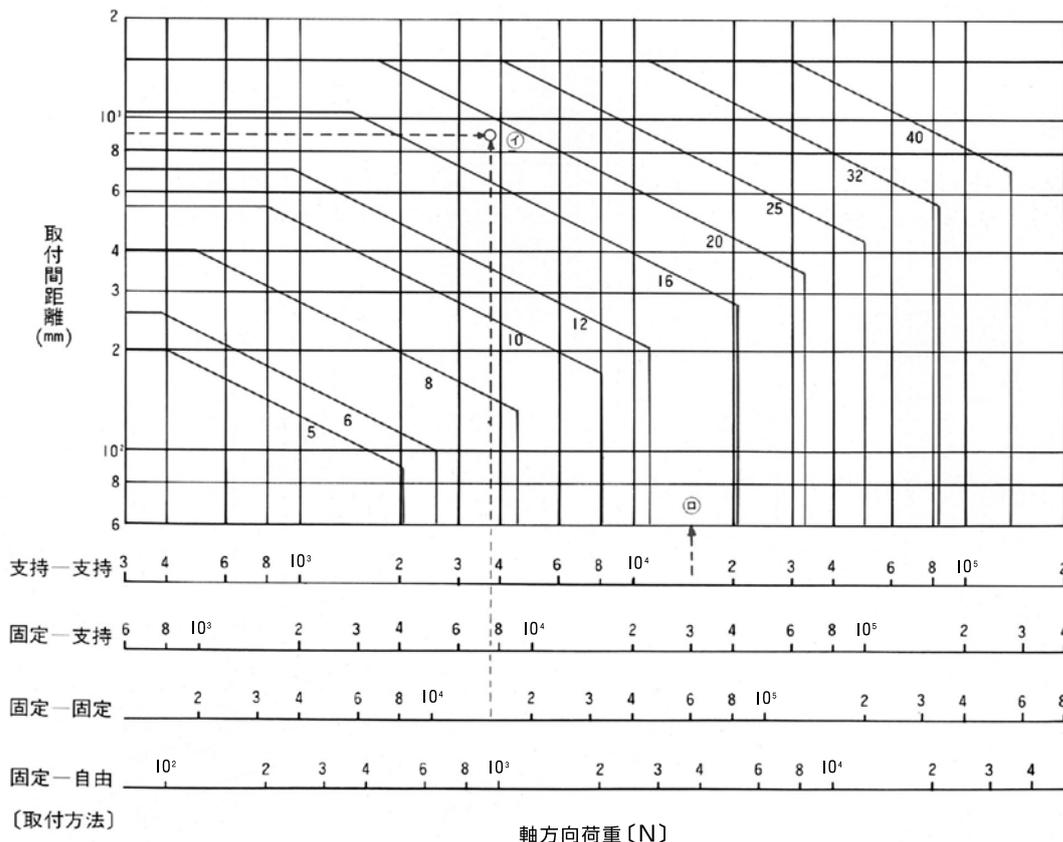
取付方法 固定—固定 (P24参照)

(イ) 固定—固定の目盛上で15000Nの点から垂直に引いた線と、取付間距離900mmの交点を求めます。この点①は軸径16mmと20mmの間にあります。よって座屈の危険のない最小軸径は20mmとなります。

(ロ) 支持—支持の目盛上で15000Nの点②は軸径12mmと16mmの間にあります。よって許容圧縮応力に対する最小軸径は16mmとなります。

以上、(イ)(ロ)により軸径20mm以上を選定して下さい。

図13 許容軸方向荷重



6. 許容回転数

回転数に対する最適軸径を選定するための方法として許容回転数線図を図14に示します。

(1) 斜線

危険速度を示します

$$N = \frac{60 \cdot \lambda^2}{2 \cdot \pi \cdot L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot G}{\gamma \cdot A}} \times \alpha$$

ここで

N : 危険速度 (rpm)

α : 安全係数 (0.8)

E : 縦弾性係数 ($2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$)

I : ねじ軸断面二次モーメント

$$I = \frac{\pi}{64} dr^4 \quad (\text{mm}^4)$$

dr : ねじ軸谷径 (mm) 寸法表参照

G : 重力の加速度 ($9.8 \times 10^3 \text{ mm/sec}^2$)

γ : 材料の比重量 ($7.64 \times 10^{-5} \text{ N/mm}^3$)

A : ねじ軸の断面積

$$A = \frac{\pi}{4} dr^2 \quad (\text{mm}^2)$$

L : 取付間距離 (mm) P24 参照

λ : ボールねじの取付方法による係数

支持—支持 $\lambda = \pi$

固定—支持 $\lambda = 3.927$

固定—固定 $\lambda = 4.730$

固定—自由 $\lambda = 1.875$

取付方法は P 24 参照

(2) 回転数目盛に垂直な線

ボールねじの周速の限界としての $D_m \cdot N$ 値を示します。

支持—支持の目盛から選定して下さい。

D_m : 鋼球の中心円径 (寸法表の BCD 寸法)

N : 回転数 (rpm)

一般には $D_m \cdot N$ 値は 70000 以下とします。

(3) 回転数目盛に平行な線

ねじ軸の直径に対し標準的な作業で製作できる長さの

限界を示します。(C 5 級)

P23 を参照下さい。

計算例

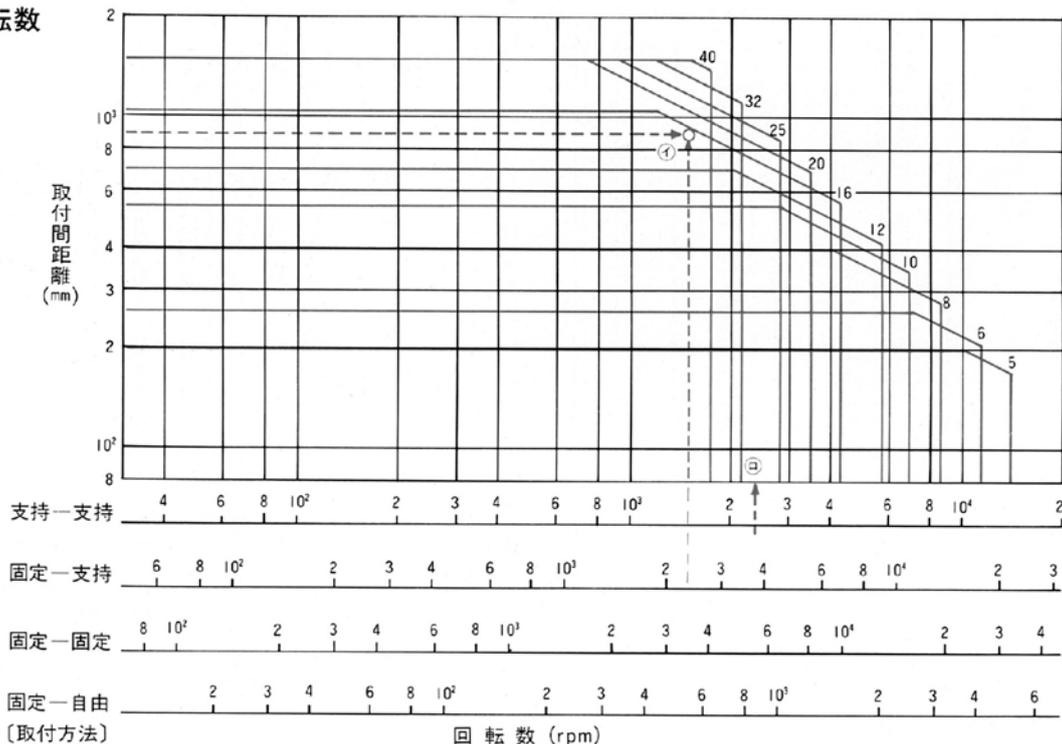
取付間距離	900mm
最高回転数	2300rpm
取付方法	固定—支持

(イ) 固定—支持の目盛上で 2300rpm の点から垂直に引いた線と取付間距離 900mm の交点を求めます。この点①は軸径 12mm と 16mm の間にあります。よって危険速度を考慮した最小軸径は 16mm となります。

(ロ) 支持—支持の目盛上で 2300rpm の点②は 25mm と 32mm の間にあります。よって $D_m \cdot N$ 値に対する最大軸径は 25mm となります。

以上(イ)(ロ)により軸径 16mm ~ 25mm のものを選定して下さい。

図14 許容回転数

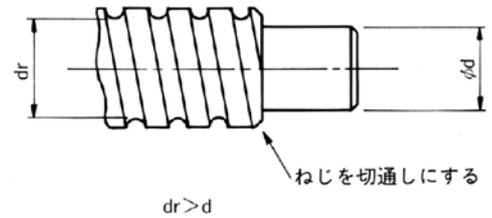


7. ねじ軸設計上の注意

● 軸端形状

ねじ軸の軸端形状を設計される時は軸端の片側をねじ軸谷径寸法（寸法表の d_r 寸法）以下にし、ねじを切通しにして下さい。特にリターンプレート方式のボールねじは構造上組立てできませんのでご注意ください。

図15



● 後加工

納入後、ねじ軸・ナットにノックピンなどの後加工がある場合は、その位置と寸法をあらかじめご連絡下さい。

● 取付け回りの設計

ボールねじを装置に取付ける場合は、ナットを抜かなくても取付けできるような構造にして下さい。ナットを抜くと、ボールの脱落や、ナットの精度変化、予圧量の変化、ボールリターン部の破損などを起こすことが多く、使用不可能になる場合があります。図16のようにナットを抜かないと組立てできない部品がある場合は、あらかじめご支給下さい。ISSOKUにて組立て納入いたします。やむをえずナットを抜く場合は図17のようなスリーブを使用して下さい。

図16

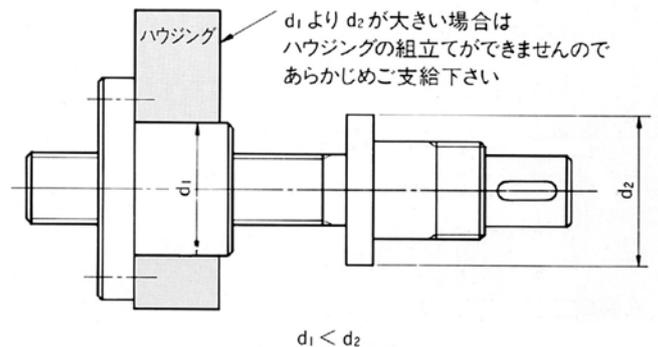
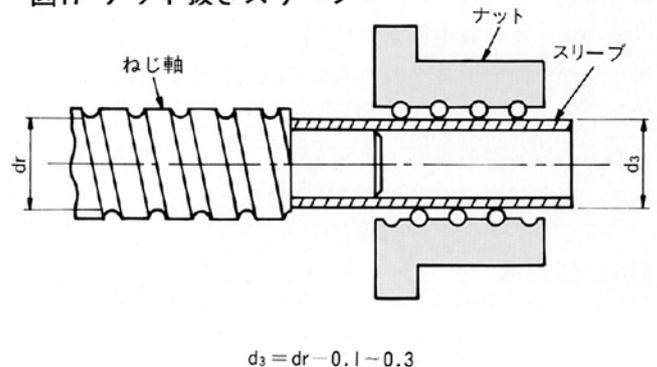


図17 ナット抜きスリーブ



ナットの設計

1. ナットの選定

ISSOKUボールねじの循環方式はリターンチューブ式とリターンプレート式の2種類を製作しています。各々の特長は次の通りです。

表20 ナットの特長

循環方式	リターンチューブ方式	リターンプレート方式
特長	ナットの外部から組み入れたチューブが鋼球をすくい上げ、チューブの中を通過して循環させるもので、いちばん一般的な形状です。	ナットの内部に設けられたデфлекターにより、鋼球がすくい上げられて、リターンプレートの内側の溝に沿って循環するものです。主に小リードボールねじに採用しています。
適用するリード	3mm以上	2.5mm以下
回路数	1.5巻1列 2.5巻1列 1.5巻2列 2.5巻2列 2.5巻3列	2.7巻1列

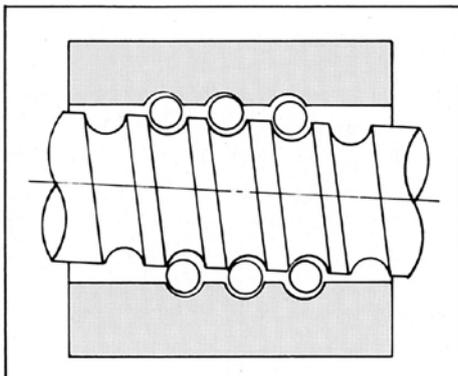
2. ナット回りの設計上の注意

●偏荷重

ボールねじを支持する軸受部とナットを取付けるブラケットの心ずれ、ナット取付面の傾きなどの要因はボールねじに偏荷重（モーメント荷重・ラジアル荷重）を与え、一部のボールに集中荷重が加わり、作動不良や寿命の低下・発熱・駆動トルクの増大などの悪影響をもたらします。

これらの取付部の設計・組立てにはじゅうぶん注意願います。傾き誤差 1/2000～1/5000
(目標1/5000以下)

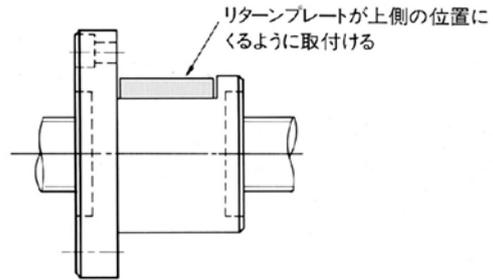
図18 偏荷重



●リターンプレート方式ナットの取付方向

リターンプレート方式のボールねじは、ボール循環部の構造上、リターンプレートの位置が上になるように取付けていただければ、より円滑な回転が得られます。

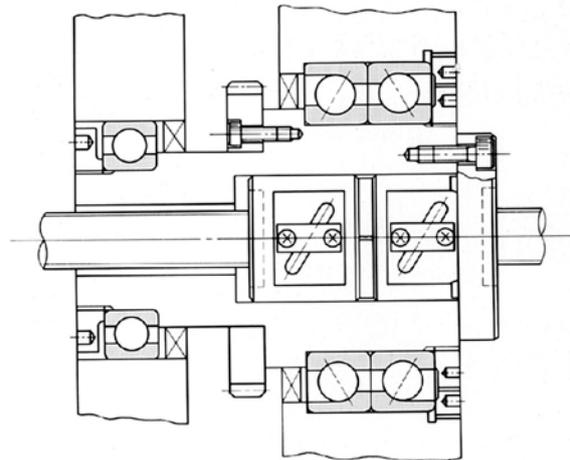
図19 リターンプレート式ナットの取付方向



●ナット回転で使用する場合

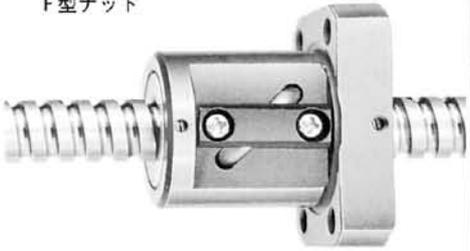
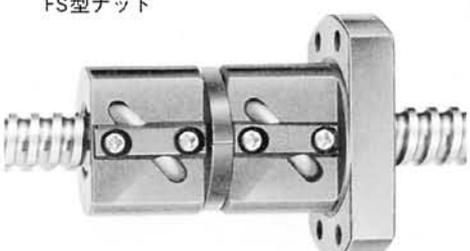
ナットを回転させて使用する場合は、ナットを軸受で支持する必要があります。その場合は軸受を直接ナットの円筒部（リターン部）に取付けず、ブラケットを介して下さい（図20参照）。又、特殊形状としてナットの両端に軸受取付部を設けたナットや歯車付のナットも製作いたしますのでISSOKUまでご相談下さい。

図20 ナット回転の使用例



ISSOKU ボールねじナット形式

表21

リターンチューブ方式	特 長	リターンプレート方式
<p>F型ナット</p> 	<p>ナット1個の最も簡単なタイプです。通常わずかな軸方向すきまで使用します。又、オーバーサイズボールを使用することにより、軽予圧を与え軸方向すきまをゼロにすることもできます。ナットの取付けはフランジ面のボルト穴を使用します。</p>	<p>P型ナット</p> 
<p>FS型ナット</p> 	<p>2個のナットの間予圧量分の厚いスペーサーを入れ軸方向すきまを除去します。又、予圧を与えることにより剛性を高めることができます。ナットの取付けはフランジ面のボルト穴を使用します。</p>	<p>PD型ナット</p> 
<p>FF型ナット</p> 	<p>2個のナットのフランジ面間にスペーサーを入れ予圧を与えます。FS型・PD型と同様に軸方向すきまを除去し、剛性を高めることができます。ナットの取付けはフランジ面のボルト穴を使用します。 (ナット寸法についてはISSOKUまでお問い合わせ下さい。)</p>	<p>PP型ナット</p> 
<p>S型ナット</p> 	<p>円筒型ナット1個のもので、F型・P型と同様に通常わずかな軸方向すきまで使用しますがオーバーサイズボールにより軽予圧を与えることもできます。ナットの取付けは円筒面に設けたキートとナット両端面で固定します。</p>	<p>D型ナット</p> 
<p>SS型ナット</p> 	<p>円筒型ナットを2個使用し、中間にスペーサーを入れ予圧を与えます。ナットの取付けは円筒面に設けたキートとナット両端面で固定します。</p>	<p>DD型ナット</p> 

各形式のナット寸法についてはナット寸法表をご参照下さい。

潤滑と防じん

1. 潤滑

ボールねじの潤滑としてはグリース潤滑とオイル潤滑があります。グリース潤滑の場合は、リチウム石けん基NLGI No. 1～3の稠度のものが使用されます。オイル潤滑の場合は、ISOグレード32～100のタービン油・スピンドル油が使用されます。

一般に高速・低温・軽荷重用には粘度の低い潤滑剤を、低速・高温・高荷重用には粘度の高い潤滑剤を使用します。

ISSOKUでは標準としてグリース潤滑の場合は、アルパニヤS1 or S2、オイル潤滑の場合はタービン油No.68を塗布してありますので納入後そのままご使用になれます。

特殊な使用条件でご使用になる場合や、指定、潤滑剤がある場合は、ISSOKUまでご連絡下さい。

表22 潤滑剤の点検と保守内容

潤滑方法	点検時期	点検内容	保守内容
グリース	稼動初期 1～2ヶ月	汚れ 異物の混入	通常6ヶ月～1年又は1,000～2,000時間で補給。 異物の混入がある場合は交換。
オイル (自動給油)	1週間ごと	油量	油切れにならないこと。

2. 防じん

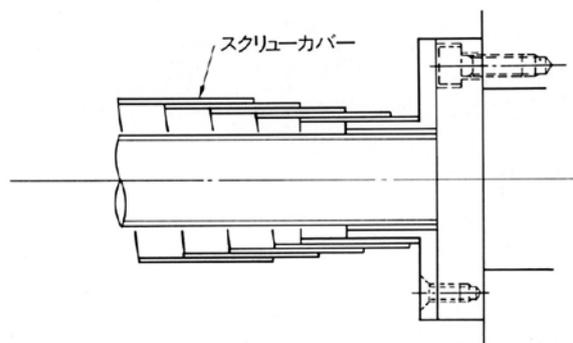
ボールねじは転がり軸受と同様に、異物・水分の混入を極度にきらいします。ナット内に異物が入りますと、摩擦が増大したり、ねじ溝面の破損や循環機能に支障を起し、作動不能になる場合があります。

ISSOKUボールねじは標準として樹脂製のワイバーシールを取り付けてあります。

より完全な防じんが必要な場合にはスクリーカバーを取り付けて下さい。

スクリーカバーについては、ISSOKUまでご連絡下さい。

図21 スクリーカバー



精度設計

1. 送りねじ系の剛性

●送りねじ系の剛性は次式で求められます。

$$K = \frac{P}{\delta}$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_s} + \frac{1}{K_n} + \frac{1}{K_b} + \frac{1}{K_h}$$

ここで

K：送りねじ系の軸方向剛性(N/μm)

P：送りねじ系にかかる軸方向荷重(N)

δ：送りねじ系の軸方向弾性変位量(μm)

K_s：ねじ軸の軸方向剛性(N/μm)

K_n：ナットの軸方向剛性(N/μm)

K_b：支持軸受の軸方向剛性(N/μm)

K_h：ナット取付部及び軸受取付部の剛性(N/μm)

●ねじ軸の軸方向剛性[K_s]

(1)ねじ軸の支持方法が固定-固定以外の場合

$$K_s = \frac{A \cdot E}{\ell} \times 10^{-3}$$

ここで K_s：ねじ軸の軸方向剛性(N/μm)

A：ねじ軸の断面積

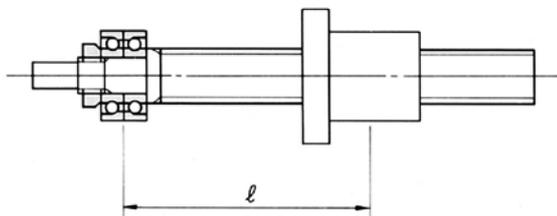
$$A = \frac{\pi}{4} dr^2 \text{ (mm}^2\text{)}$$

dr：ねじ軸谷径(mm)

E：縦弾性係数(2.06×10⁵N/μm)

ℓ：荷重作用点間距離(mm)

図22



(2)ねじ軸の支持方法が固定-固定の場合

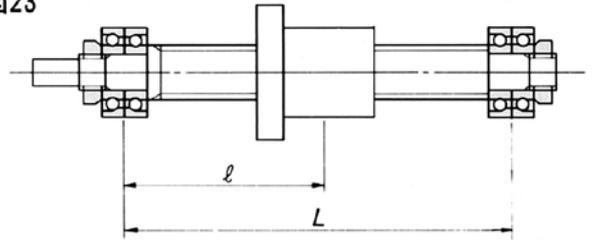
$$K_s = \frac{A \cdot E \cdot L}{\ell(L - \ell)} \times 10^{-3}$$

ここで K_s：ねじ軸の軸方向剛性(N/μm)

L：取付間距離(mm)

ℓ = L/2 の位置において最大軸方向変位を生じます。

図23



●ナットの剛性[K_n]

(1)シングルナットの剛性(無予圧)

軸方向荷重が基本動定格荷重Caの30%に当たる場合のナット剛性値K_nを寸法表に示します。

通常、ナット本体の剛性を考慮して表の値の80%を目安とします。

任意の軸方向荷重に対するナット剛性値K_n'は次式で求められます。

$$K_n' = 0.8 \times K_n \left(\frac{P}{0.3Ca} \right)^{\frac{1}{3}}$$

ここで K_n：寸法表の剛性値(N/μm) P41～参照

P：軸方向荷重(N)

Ca：基本動定格荷重(N) P41～参照

(2)シングルナットの剛性(オーバーサイズボール予圧)

基本動定格荷重Caの5%に当たる予圧荷重を与えそれに軸方向荷重がかかったときの剛性値を寸法表に示します。通常、ナット本体の剛性を考慮して表の値の80%を目安とします。

任意の予圧荷重に対するナット剛性値K_n'は次式で求められます。

$$K_n' = 0.8 \times K_n \left(\frac{P_p}{0.05Ca} \right)^{\frac{1}{3}}$$

ここで K_n：寸法表の剛性値(N/μm) P41～参照

P_p：予圧荷重(N)

(3)ダブルナットの剛性

基本動定格荷重Caの10%に当たる予圧荷重を与えそれに軸方向荷重がかかったときの剛性値を寸法表に示します。通常、ナット本体の剛性を考慮して、表の値の80%を目安とします。

任意の予圧荷重に対する、ナット剛性値K_n'は次式で求められます。

$$K_n' = 0.8 \times K_n \left(\frac{P_p}{0.1Ca} \right)^{\frac{1}{3}}$$

ここで K_n：寸法表の剛性値(N/μm) P41～参照

P_p：予圧荷重(N)

過大予圧は、寿命・発熱に悪影響を与えますのでシングルナット(オーバーサイズボール予圧)はCaの5%ダブルナットではCaの10%を最大予圧量の目安として下さい。

●支持軸受の剛性〔Kb〕

$$K_b \doteq \frac{3P_p}{\delta p}$$

ここでKb：予圧をかけた軸受の剛性(N/μm)

Pp：予圧荷重(N)

δp：予圧荷重に対する軸方向弾性変位量

$$\delta p = \frac{2}{\sin \alpha} \left(\frac{Q}{Da} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\mu m)$$

$$Q = \frac{P_p}{Z \cdot \sin \alpha}$$

α：接触角(度)

Da：鋼球径(mm)

Z：鋼球数

ただし 0 < 軸方向外部荷重 ≤ 3 Pp

(1)アンギュラ玉軸受の軸方向弾性変位量

$$\delta p = \frac{2}{\sin \alpha} \left(\frac{Q}{Da} \right)^{\frac{1}{3}} \quad Q = \frac{P}{Z \cdot \sin \alpha}$$

(2)円すいころ軸受の軸方向弾性変位量

$$\delta p = \frac{0.6}{\sin \alpha} \cdot \frac{Q^{0.9}}{\ell_a^{0.8}} \quad Q = \frac{P}{Z \cdot \sin \alpha}$$

(3)スラスト玉軸受の軸方向弾性変位量

$$\delta p = 2.4 \left(\frac{Q}{Da} \right)^{\frac{1}{3}} \quad Q = \frac{P}{Z}$$

ここで δp：軸方向弾性変位量(μm)

α：接触角(度)

Q：転動体1個当りの荷重(N)

Da：鋼球径(mm)

ℓa：ころの有効接触長さ(mm)

P：軸方向荷重(N)

Z：転動体数

尚、詳細については各軸受のカタログを参照下さい。

●ナット及び軸受の取付部剛性〔Kh〕

設計の段階でできるだけ剛性の高い形状にて設計願います。又、可能な限り実際の剛性を測定して下さい。

●送りねじ系のねじり剛性

ねじ軸のねじりモーメントにより発生するねじれ角は、次式で求められます。

$$\theta = \frac{32TL}{\pi G d r^4} \times \frac{360}{2\pi} = 7.35 \times 10^{-3} \frac{TL}{d r^4}$$

ここで θ：ねじれ角(度)

T：ねじりモーメント(N・mm)

L：ねじり作用点間距離(mm)

G：横弾性係数(7.94×10⁴ N/mm²)

dr：ねじ軸谷径(mm)(寸法表参照)

ねじれ角による軸方向移動量の遅れ

$$L_R = \ell \times \frac{\theta}{360} \times 10^3$$

ここで L_R：ねじれ角による軸方向移動量の遅れ(μm)

ℓ：ボールねじのリード(mm)

2. 予 圧

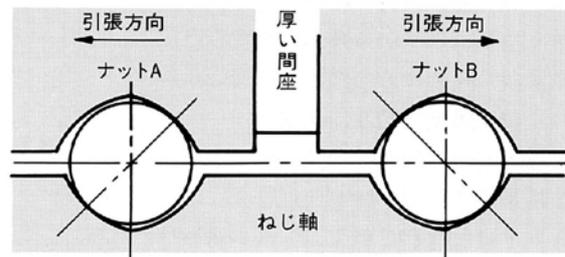
高精度な位置決めに対しては、ナットに予圧をかけて軸方向すきまをゼロにし、剛性を高めることにより軸方向弾性変位量を小さくする方法が一般的です。

●予圧方法

(1)ダブルナット方式

ナットを2個使用し予圧固定キーによりナットを連結し、その間に予圧量に相当する量だけ厚い間座を入れ引張予圧を与える方式です。

図24



(2)シングルナット方式

ナット1個を使用し図25のようにボール溝の寸法よりもわずかに大きなボール(オーバーサイズボール)を使用し、ボールを4点接触させる方式です。この方式はボールねじの作動性能を向上させるため、スペーサーボール(1:1の割合)を使用いたします。(図26参照)

この方式は軽予圧で使用するのが一般的です。

図25

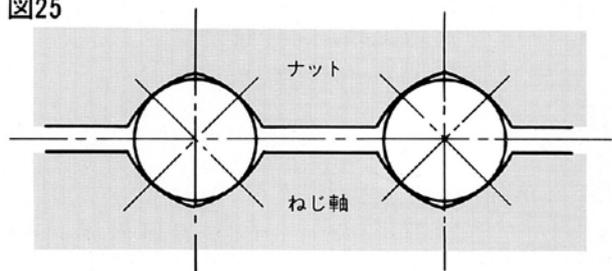
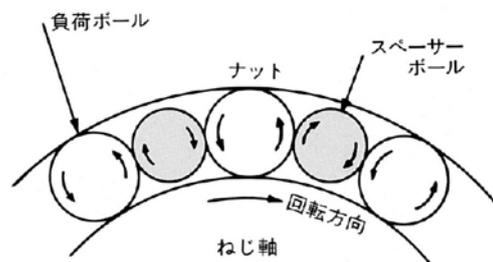
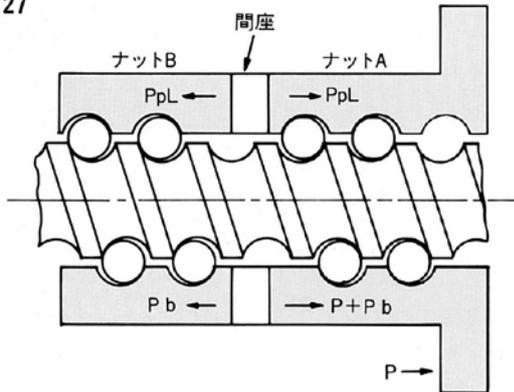


図26



● 予圧を与えたナットの軸方向弾性変位

図27



ナット A、B は予圧荷重 PpL によって δpL だけ弾性変位して組み立てられています。この状態でナット A に荷重 P が加わった状態を図27に示します。又、この場合ナット A、B の弾性変位 δa 、 δb は

$$\delta a = \delta pL + \delta p$$

$$\delta b = \delta pL - \delta p$$

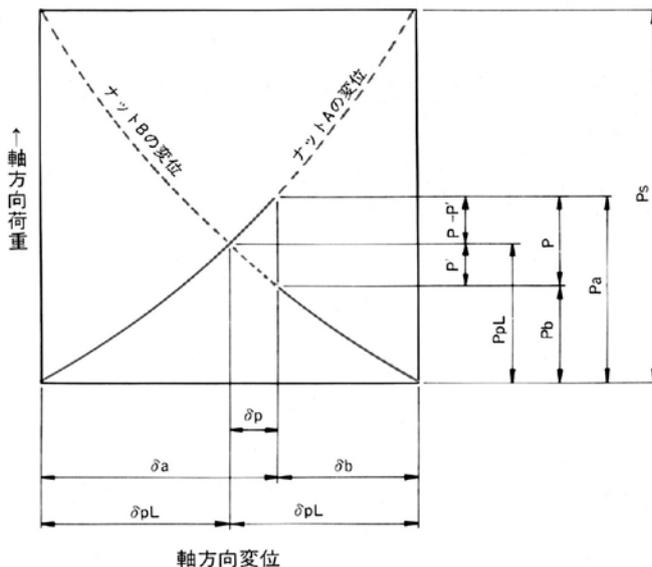
このときナット A、B にかかっている荷重は

$$Pa = PpL + P - P' = P + Pb$$

$$Pb = PpL - P'$$

この結果 P' はナット B の変位が減少することにより、吸収され、よってナット A の弾性変位が少なくなることになります。この状態は外部荷重によって生じる弾性変位が δpL となりナット B の予圧がゼロになるまで働きます。

図28 予圧線図



軸方向荷重と弾性変位の関係は次のようになります。

$$\delta pL = K \cdot PpL \quad 2 \delta pL = K \cdot Ps$$

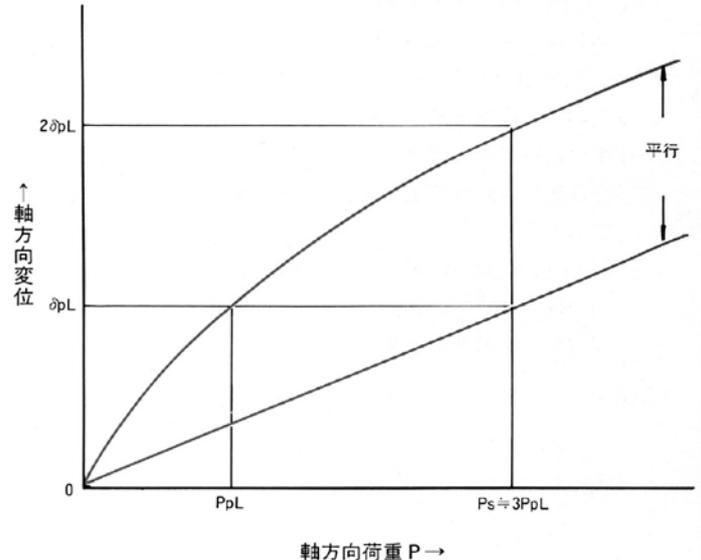
$$\left(\frac{Ps}{PpL} \right)^{\frac{1}{3}} = \frac{2 \delta pL}{\delta pL} = 2$$

$$Ps = 2.8 PpL \approx 3 PpL$$

以上から予圧荷重は軸方向最大荷重の $\frac{1}{3}$ を標準とします。尚、予圧のかけ過ぎは寿命・発熱に悪影響を与えますので、最大予圧荷重は基本動定格荷重 Ca の 10% を限度とします。

[一測では予圧量の指定がない場合は Ca の 5 ~ 10% を標準としています。]

図29 弾性変位線図



駆動トルク

1. ボールねじのトルク

●正作動

回転運動を直線運動に変換する場合のトルクは次式によって求められます。

$$T_a = \frac{P \cdot \ell}{2 \pi \cdot \eta}$$

ここで T_a : 正作動トルク (N·cm)

P : 軸方向荷重 (N)

ℓ : リード (cm)

η : 効率 (0.85~0.95)

●予圧による摩擦トルク

ダブルナットの場合の予圧荷重による摩擦トルクは次式によって求められます。

$$T_d = K \frac{P_p L \cdot \ell}{2 \pi}$$

ここで T_d : 予圧による摩擦トルク (N·cm)

$P_p L$: 予圧荷重 (N)

K : 予圧トルク係数 (0.1~0.3)

2. モーターの駆動トルク

●定速時の駆動トルク

軸方向荷重に対してボールねじを定速駆動するのに必要なトルクは次式によって求められます。

$$T_t = \left(K \cdot \frac{P_p L \cdot \ell}{2 \pi} + \frac{P \cdot \ell}{2 \pi \cdot \eta} + T_b \right) \times \frac{N_1}{N_2}$$

ここで T_t : 定速時の駆動トルク (N·cm)

P : 軸方向荷重 (N)

$P = P_o + \mu \cdot W$ (水平駆動の場合)

P_o : 外部荷重 (N)

μ : 摺動面の摩擦係数

W : 移動物重量 (N)

(ワーク重量+テーブル重量)

T_b : 軸受の摩擦トルク (N·cm)

N_1 : ギア1の歯数

N_2 : ギア2の歯数

●加速時の駆動トルク

軸方向荷重に対しボールねじを加速駆動する場合に最大のトルクが必要です。このときの駆動トルクは次式によって求められます。

$$T_j = T_t + J \cdot \omega$$

$$J = J_m + J_{g1} + \left(J_{g2} + J_s + \frac{W}{g} \left(\frac{\ell}{2\pi} \right)^2 \right) \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

$$= J_m + J_{g1} + \left(J_{g2} + J_s + \frac{W}{g} \left(\frac{180\delta}{\pi \cdot \theta} \right)^2 \right) \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

ここで

T_j : 加速時の最大駆動トルク (N·cm)

J : モーターにかかる慣性モーメント (N·cm·sec²)

ω : モーターの角加速度 (rad/sec²)

J_m : モーターの慣性モーメント (N·cm·sec²)

J_{g1} : ギヤ1の慣性モーメント (N·cm·sec²)

J_{g2} : ギヤ2の慣性モーメント (N·cm·sec²)

J_s : ボールねじ軸の慣性モーメント (N·cm·sec²)

g : 重力の加速度 (9.8×10² cm/sec²)

θ : 1パルス当りのモーター回転角(度)

δ : 1パルス当りの送り量(cm)

T_j を充分上まわるトルクを発生するモーターを選定して下さい。

ボールねじ軸・ギアなどの慣性モーメントは次式にて求められます。

$$J = \frac{\pi \gamma}{32 \times 980} D^4 \cdot L \quad (\text{N} \cdot \text{cm} \cdot \text{sec}^2)$$

ここで

γ : 材料の比重 (N·cm³)

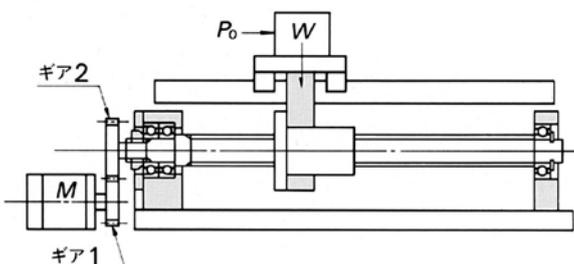
D : 直径 (cm)

L : 長さ (cm)

GD^2 と J の関係は次式によります。

$$GD^2 = 4 g J$$

図30



寿命設計

1. 疲れ寿命

●基本動定格荷重〔Ca〕

ある一群の同じボールねじを同一条件下で回転した場合に、そのうちの90%が転がり疲れにより、ボール転動面及びボールにはくりを起こさないで回転した総回転数が 10^6 回転になるときの軸方向荷重をいいます。各サイズのボールねじの基本動定格荷重（Ca）を寸法表に記載してあります。

●疲れ寿命

ボールねじの疲れ寿命の計算式を次式に示します。

$$L = \left(\frac{Ca}{P_m \cdot f_w} \right)^3 \cdot 10^6$$

$$L_h = \frac{L}{60 \cdot N_m}$$

$$L_s = \frac{L \cdot \ell}{10^6}$$

ここで L : 定格疲れ寿命 ((rev))

Lh : 寿命時間 (時間)

Ls : 走行距離寿命 (km)

Ca : 基本動定格荷重 (N)

Pm : 軸方向平均荷重 (N)

Nm : 平均回転数 (rpm)

ℓ : ボールねじのリード (mm)

f_w : 運転係数

衝撃のない静かな運転	1.0~1.2
普通の運転	1.2~1.5
衝撃・振動を伴う運転	1.5~3.0

●軸方向平均荷重(Pm)・平均回転数(Nm)

ボールねじの寿命を計算する場合、軸方向荷重や回転数が変化する場合は、 $P_m \cdot N_m$ を求めて計算します。寿命は軸方向荷重に対し3乗で反比例しますので、できるだけ正確に求めて下さい。

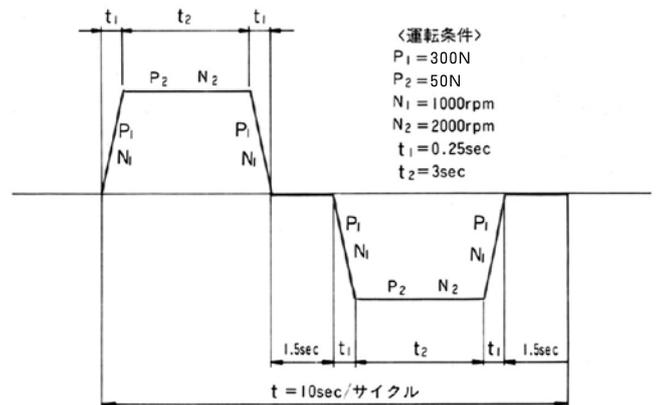
軸方向荷重 (Kgf)	回転数 (rpm)	使用時間又は使用時間割合
P ₁	N ₁	t ₁
P ₂	N ₂	t ₂
⋮	⋮	⋮
P _n	N _n	t _n

$$P_m = \left(\frac{P_1^3 \cdot N_1 \cdot t_1 + P_2^3 \cdot N_2 \cdot t_2 + \dots + P_n^3 \cdot N_n \cdot t_n}{N_1 \cdot t_1 + N_2 \cdot t_2 + \dots + N_n \cdot t_n} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$N_m = \frac{N_1 \cdot t_1 + N_2 \cdot t_2 + \dots + N_n \cdot t_n}{t}$$

例として図31を参照下さい。

図31



荷重がほぼ直線的に変動する場合は、次式により求めて下さい。

$$P_m = \frac{1}{3} (P_{min} + 2 P_{max})$$

2. ボールみぞ部の許容荷重

●基本静定格荷重〔Coa〕

ボールねじの使用頻度が少ない場合や、ひじょうに低速回転で使用する場合は、疲れ寿命を計算すると、ひじょうに大きな値になることがあります。しかし、この場合でも軸方向最大荷重が基本静定格荷重を十分下まわることが必要です。

基本静定格荷重とは、ねじ軸・ナットのボールみぞ面と、ボールの永久変形量の和が、ボール直径の0.01%になるときの荷重をいいます。

●許容荷重

軸方向許容荷重は次式により求められます。

$$P_{max} = \frac{Coa}{f_s}$$

ここで P_{max} : 軸方向許容荷重 (N)

Coa : 基本静定格荷重 (N)

f_s : 荷重係数

普通の運転	1 ~ 2
衝撃・振動を伴う運転	2 ~ 3

3. 材料と硬さ

●材料と硬さ

表23

名 称	材 料	熱処理方法	硬 さ
ね じ 軸 ナ ッ ト	SCM415H	浸炭焼入	HRC58～63

特殊品として、ステンレス材（SUS440C）等のボールねじも製作致します。又、必要に応じ表面処理（メッキ等）も行いますのでISSOKUまでご連絡下さい。

●硬さ係数

表22に示す標準材料以外の材料を使用し所定の硬さ（HRC58～63）が得られない場合は、基本動定格荷重（Ca）、基本静定格荷重（Coa）の補正が必要になります。補正したCa、Coaの計算式を次式に示します。

$$Ca' = f_H \cdot Ca$$

$$Coa' = f_{H'} \cdot Coa$$

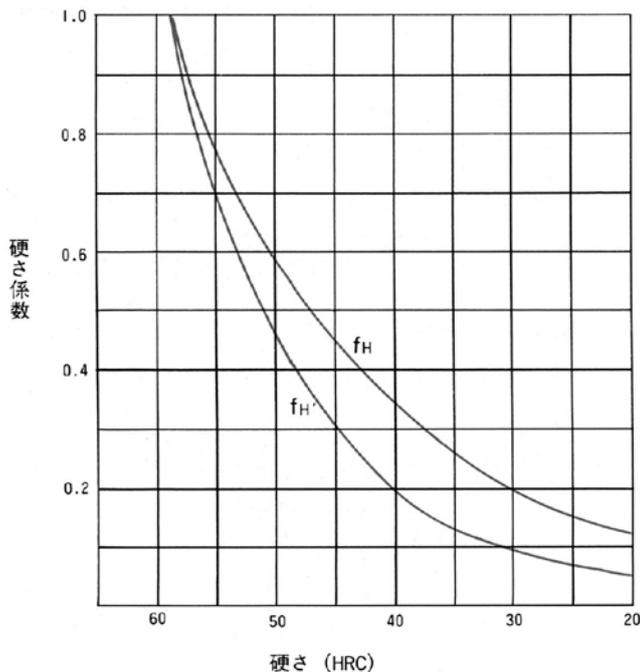
ここで Ca' : 補正基本動定格荷重（N）

Coa' : 補正基本静定格荷重（N）

f_H : 硬さ係数

$f_{H'}$: 静硬さ係数

表24



4. 設計寿命時間

ボールねじの選定に当たって、寿命時間を必要以上に長くすると、それだけボールねじの寸法が大きくなり、経済的ではありません。

一般には次に示す寿命時間が標準とされています。

工作機械……………20000時間

産業機械……………10000時間

自動制御装置……………15000時間

計測装置……………15000時間

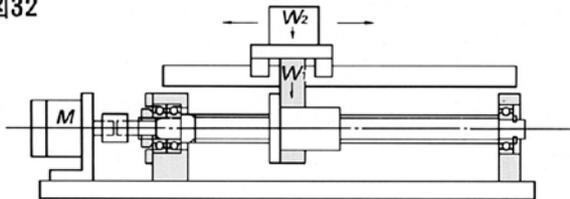
設定した寿命時間を満足させる基本動定格荷重を求めるには、次式にて計算します。

$$Ca = \left(\frac{60 \cdot L_h \cdot Nm}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot P_m \cdot f_w$$

ボールねじ選定例

1. 高速移動テーブル

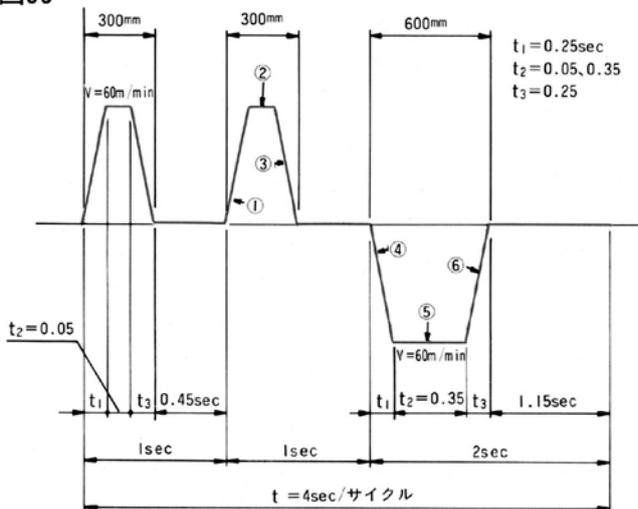
図32



〈設計条件〉

- テーブル重量 : $W1 = 400\text{N}$
- ワーク重量 : $W2 = 400\text{N}$ (max)
- 最大ストローク : $St = 600\text{mm}$
- 最大速度 : $V_{\text{max}} = 1000\text{mm/sec} = 60\text{m/min}$
- 位置決め精度 : $\pm 0.05\text{mm}$
- 繰返し位置決め精度 : $\pm 0.01\text{mm}$
- 要求寿命 : $L_h = 25000$ 時間 (5年)
- スライド低抗 : $\mu = 0.01$ (摩擦係数)
- 駆動モーター : DCモーター (max3000rpm)

図33



以上の条件から次の事項を決定していきます。

- (1) ねじ軸径、リードの選定
- (2) 精度、ナット、寿命の選定
- (3) ボールねじのシリーズの選定
- (4) 支持軸受の選定

● ねじ軸径、リードの選定

① リードの選定

モーターの最高回転数(3000rpm)より必要速度60m/minを得るには

$$l \geq \frac{V_{\text{max}}}{N_{\text{max}}} = \frac{1000 \times 60}{3000} = 20\text{mm}$$

よってリード20mm以上のボールねじが必要です。

② ねじ長さの選定 (仮選定)

$$L = \text{ストローク} + \text{ナット長} + \text{余裕長さ} \\ = 600 + 100 + 100 = 800\text{mm}$$

③ ねじ軸径の選定

高速テーブルですので回転数から軸径を選定します。又、軸の取付け方法は一般的に使用される固定一支持とします。

P26の許容回転数表から軸径を選定すると20mmとなります。

仮選定として軸径20mmリード20mmねじ長800mmのボールねじとします。

● 精度、ナット、寿命の選定

① 精度の決定

(1) 精度等級

位置決め精度 $\pm 0.05\text{mm}$ よりP3の精度表を参考にし精度等級はC3級とします。

(2) 軸方向すきま

繰返し位置決め精度 $\pm 0.01\text{mm}$ よりP23の軸方向すきまからTすきま(0.005mm以下)を選定します。

[精度等級すきま記号C3T]

② ナットの選定

精度等級すきまからシングルナットを使用します。ナット形式はP84よりBSF2020A(1.5巻1列)を使用します。

③ 寿命計算

運転条件から軸方向荷重、平均回転数、使用時間を算出し寿命計算をします。

(1) 加速時①④

$$\text{加速度 } \alpha 1 = \frac{V_{\text{max}}}{t_1} = \frac{1000}{0.25} = 4000\text{mm/sec}^2$$

$$\text{軸方向荷重 } P 1 = \mu(W1 + W2) + \frac{W1 + W2}{g} \times \alpha 1$$

$$= 0.01 \times 800 + \frac{800}{9800} \times 4000 = 334.5\text{N}$$

$$\text{加速時の平均回転数 } N 1 = \frac{N_{\text{max}}}{2} = \frac{3000}{2} = 1500\text{rpm}$$

$$\text{使用時間 } t 1 = 0.25 \times 3 = 0.75\text{sec}$$

(2) 定速時②⑤

$$P 2 = \mu(W1 + W2) = 0.01 \times 800 = 8\text{N}$$

$$N 2 = 3000\text{rpm}$$

$$t 2 = 0.05 \times 2 + 0.35 = 0.45\text{sec}$$

(3) 加速時③⑥

$$\alpha 3 = 4000\text{mm/sec}^2$$

$$P 3 = -\mu(W1 + W2) + \frac{W1 + W2}{g} \times \alpha 3 = 318.5\text{N}$$

$$N 3 = 1500\text{rpm}$$

$$t 3 = 0.25 \times 3 = 0.75\text{sec}$$

(4)軸方向平均荷重Pm、平均回転数Nm

P35より

$$P_m = \left(\frac{P_1^3 \cdot N_1 \cdot t_1 + P_2^3 \cdot N_2 \cdot t_2 + P_3^3 \cdot N_3 \cdot t_3}{N_1 \cdot t_1 + N_2 \cdot t_2 + N_3 \cdot t_3} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 268.5 \text{ N}$$

$$N_m = \frac{N_1 \cdot t_1 + N_2 \cdot t_2 + N_3 \cdot t_3}{t} = 900 \text{ rpm}$$

(5)寿命計算

P35より

$$L_h = \frac{(C_a / (P_m \times f_w))^3 \times 10^6}{60 \times N_m}$$

$$= \frac{(6710 / (268.5 \times 1.2))^3 \times 10^6}{60 \times 900}$$

$$\approx 167260 \text{ 時間}$$

よって要求寿命時間25000時間を満足します。

●ボールねじシリーズ選定

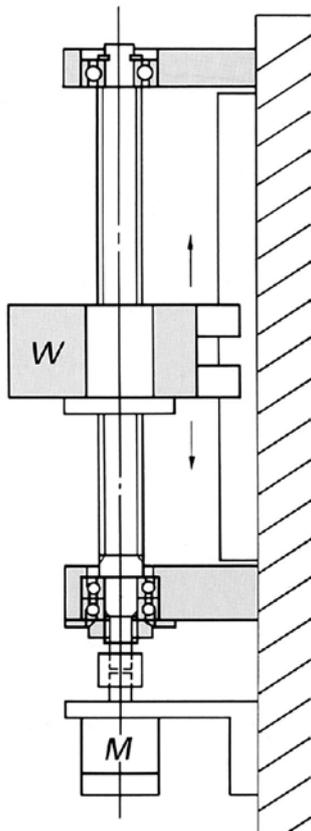
今までの計算結果に納期・価格面を考慮して標準精密ボールねじシリーズの中から次のサイズを選定します。
[BSF2020AC 3 T-820]

●支持軸受の選定

PI14よりボールねじサポートユニットを選定します。
[ISSOKUボールねじサポートユニット SPU-15]

2. 直交座標型ロボットZ軸(縦軸)

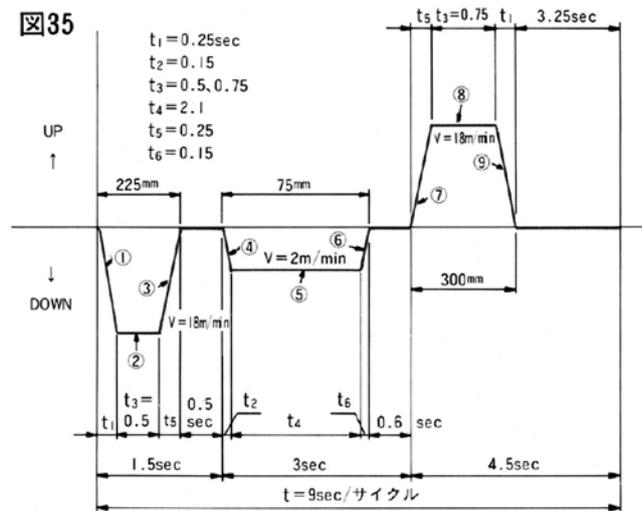
図34



〈設計条件〉

移動物重量	: W=250N
最大ストローク	: St=300mm
最高速度	: Vmax=300mm/sec=18m/min
位置決め精度	: ±0.02mm
繰返し位置決め精度	: ±0.005mm
要求寿命	: Lh=20000時間(5年)
案内	: リニアウエイ
駆動モーター	: DCモーター(max2000rpm)

図35



〈決定事項〉

(1)ねじ軸径、リードの選定

(2)精度、寿命の選定

(3)ボールねじ型式の選定

●ねじ軸径、リード選定

①リードの選定

モーターの最高回転数(2000rpm)より必要速度18m/minを得るには

$$l \geq \frac{V_{\max}}{N_{\max}} = \frac{1000 \times 18}{2000} = 9 \text{ mm}$$

よって9mm以上のリードが必要ですので、ここではリード10mmを選定します。

②ねじ長さの選定(仮選定)

$$L = \text{ストローク} + \text{ナット長} + \text{余裕長さ}$$

$$= 300 + 60 + 40 = 400 \text{ mm}$$

③ねじ軸径の選定

軸の取付け方法は固定-支持とします。

P26の許容回転数表から軸径を選定すると10mm~32mmが対象となります。

[仮選定 軸径 10~32mm リード 10mm]

●精度、寿命の選定

①精度の決定

位置決め精度±0.02mm及び繰返し位置決め精度±0.005mmよりP3の精度表を参考にし精度等級はC3級とし、軸方向すきまはZ(0)とします。

[精度等級すきま記号C3Z]

②寿命計算

運転条件から軸方向荷重、平均回転数、使用時間を算出し寿命計算をします。

(1)加速時①⑨

$$\text{加速度 } \alpha_1 = \frac{V_{\max}}{t_1} = \frac{300}{0.25} = 1200 \text{ mm/sec}^2$$

$$\begin{aligned} \text{軸方向荷重 } P_1 &= W - \frac{W}{g} \times \alpha_1 \\ &= 250 - \frac{250}{9800} \times 1200 = 219.4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{加速時の平均回転数 } N_1 = \frac{N_{\max}}{2} = \frac{1800}{2} = 900 \text{ rpm}$$

$$\text{使用時間 } t_1 = 0.25 \times 2 = 0.5 \text{ sec}$$

(2)加速時④

$$\alpha_2 = \frac{33.3}{0.15} = 222 \text{ mm/sec}^2$$

$$P_2 = 250 - \frac{250}{9800} \times 222 = 244.3 \text{ N}$$

$$N_2 = 200 / 2 = 100 \text{ rpm}$$

$$t_2 = 0.15 \text{ sec}$$

(3)定速時②⑧

$$P_3 = W = 250 \text{ N}$$

$$N_3 = 1800 \text{ rpm}$$

$$t_3 = 0.5 + 0.75 = 1.25 \text{ sec}$$

(4)定速時⑤

$$P_4 = W = 250 \text{ N}$$

$$N_4 = 200 \text{ rpm}$$

$$t_4 = 2.1 \text{ sec}$$

(5)加速時③⑦

$$\alpha_5 = \frac{300}{0.25} = 1200 \text{ mm/sec}^2$$

$$\begin{aligned} P_5 &= W + \frac{W}{g} \times \alpha_5 \\ &= 250 + \frac{250}{9800} \times 1200 = 280.6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$N_5 = 1800 / 2 = 900 \text{ rpm}$$

$$t_5 = 0.25 \times 2 = 0.5 \text{ sec}$$

(6)加速時⑥

$$\alpha_6 = \frac{33.3}{0.15} = 222 \text{ mm/sec}^2$$

$$P_6 = 250 + \frac{250}{9800} \times 222 = 255.6 \text{ N}$$

$$N_6 = 200 / 2 = 100 \text{ rpm}$$

$$t_6 = 0.15 \text{ sec}$$

以上を表にまとめると

表25

運転条件	軸方向荷重 (N)	平均回転数 (rpm)	使用時間 (sec)
①⑨	$P_1 = 219.4$	$N_1 = 900$	$t_1 = 0.5$
④	$P_2 = 244.3$	$N_2 = 100$	$t_2 = 0.15$
②⑧	$P_3 = 250$	$N_3 = 1800$	$t_3 = 1.25$
⑤	$P_4 = 250$	$N_4 = 200$	$t_4 = 2.1$
③⑦	$P_5 = 280.6$	$N_5 = 900$	$t_5 = 0.5$
⑥	$P_6 = 255.6$	$N_6 = 100$	$t_6 = 0.15$

($t = 9 \text{ sec}$)

(7)軸方向平均荷重 P_m 、平均回転数 N_m

P_3 より

$$\begin{aligned} P_m &= \left(\frac{P_1^3 \cdot N_1 \cdot t_1 + P_2^3 \cdot N_2 \cdot t_2 + \dots + P_6^3 \cdot N_6 \cdot t_6}{N_1 \cdot t_1 + N_2 \cdot t_2 + \dots + N_6 \cdot t_6} \right)^{\frac{1}{3}} \\ &= 250.9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$N_m = \frac{N_1 \cdot t_1 + N_2 \cdot t_2 + \dots + N_6 \cdot t_6}{t} = 400 \text{ rpm}$$

(8)荷重条件から要求寿命を満足する基本動定格荷重を求めます。

P_3 より

$$\begin{aligned} C_a &= \left(\frac{60 \cdot L_h \cdot N_m}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot P_m \cdot f_w \\ &= \left(\frac{60 \times 20000 \times 400}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} \times 250.9 \times 1.5 = 2946 \text{ N} \end{aligned}$$

●ボールねじ型式の選定

今までの計算から選定されたボールねじをまとめると

軸径	10~32mm
リード	10mm
精度等級すきま記号	C 3 Z (予圧タイプ)

これから経済性、安全性を考慮し次のボールねじを選定します。

軸径	15mm
リード	10mm
ナット型式	BSF1510E (2.5巻1列 シングルナット)
精度等級すきま記号	C 3 Z (オーバーサイズボール予圧)
ねじ有効長=ストローク+ナット長+余裕長さ	= 300 + 51 + 39 = 390mm