

目次

1. izk 精密ボールねじの特徴.....	1	13. izk 標準ボールねじ 寸法表と型番.....	37
2. 製作範囲.....	2	13-1.A シリーズ.....	39
3. ボールねじの構造.....	4	13-2.K シリーズ.....	183
4. 精密ボールねじの精度.....	6	13-3.LR シリーズ.....	225
4-1.リード精度.....	6	13-4.E シリーズ.....	237
4-2.すきまと予圧.....	8	13-5.C シリーズ.....	269
4-3.ボールねじの取付け部精度.....	12	13-6.P シリーズ.....	281
5. ねじ軸の設計.....	19	14. 標準ナット 寸法表と型式.....	305
5-1.取付け方法.....	19	14-1.チューブ方式.....	307
5-2.許容軸方向荷重.....	20	14-2.コマ方式.....	315
5-3.許容回転数.....	21	14-3.エンドデフレクタ方式.....	321
5-4.軸設計の注意事項.....	22	14-4.エンドキャップ方式.....	325
6. 精度設計.....	23	14-5.リターンプレート方式.....	327
6-1.送りねじ系の剛性.....	23		
7. 寿命設計.....	26		
7-1.ボールねじの寿命.....	26		
7-2.疲れ寿命.....	26		
7-3.ねじ部の許容荷重.....	28		
7-4.ボールねじの材質と硬さ.....	29		
8. 駆動トルク.....	30		
8-1.ボールねじのトルク.....	30		
8-2.モータのトルク.....	30		
9. 潤滑と防塵.....	32		
9-1.潤滑.....	32		
9-2.防塵.....	32		
10. 型番構成.....	33		
11. 軸端加工について.....	35		
12. 取扱いの注意.....	36		



1. izk 精密ボールねじの特徴

① 高い機械効率

izk ボールねじはねじ軸とナットの間に鋼球が挿入され、転がり接触をしていますので、従来の台形ねじと比較して所要トルクが 1/3 以下になります。従って直線運動を回転運動に変換する(逆作動)事も容易にできます。

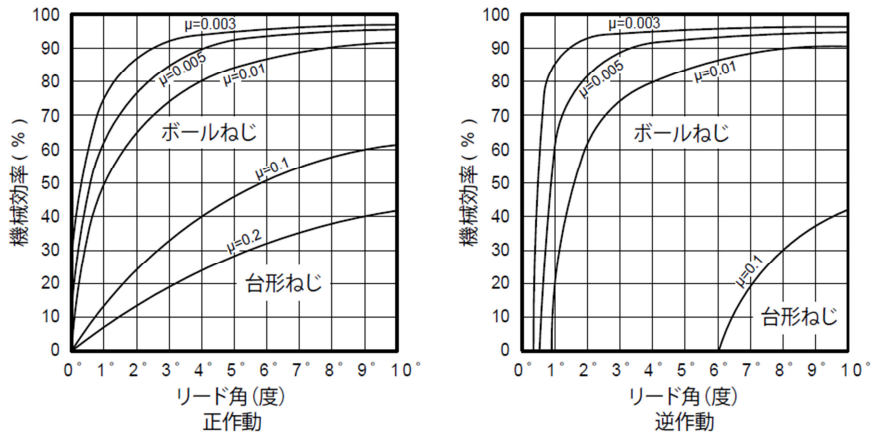


図 1 ボールねじの機械効率

② 軸方向すきま

従来の台形ねじや送りねじは軸方向すきまを小さくするとすべり摩擦のため回転トルクが重くなります。ボールねじは軸方向すきまを小さくしても軽く回す事が可能です。さらに予圧を与え軸方向すきまをゼロにすると共に、剛性を高める事もできます。

③ 正確な微小送りが可能

ボールねじは転がり接触のため起動トルクが小さく、正確な微小送りが可能です。

④ 高精度

izk ボールねじは、長年培ったノウハウを基に、温度管理された工場加工、組立、検査を行っています。

⑤ 長寿命

ボールねじは転がり接触のため摩擦抵抗が極めて小さく、長時間使用してもほとんど摩耗せず、高精度の維持が可能です。

2. 製作範囲

izk ボールねじの製作範囲、及び軸径とリードの組み合わせを以下に記載します。(単位:mm)

表1 精密ボールねじの等級別製作限界長さ				
精度等級 呼び外径	C0	C1	C3	C5
4	80	100	140	150
6	130	170	190	200
8	200	250	300	350
10	250	320	450	600
12	320	380	550	800
14	370	450	700	900
15	450	550	1100	1250
16	500	600	1100	1250
20	600	800	1200	1250
25	700	900	1250	1250
32	800	1000	1250	1250

3. ボールねじの構造

表2 呼び外径とリードの組み合わせ

リード 軸径	1	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12	15	16	20	25	30	40
4	K, P															
6	K, P															
8	K, P	A, K, P			A	A		A	A	A, C						
10	K, P	A, K, P	K	A, P	A	A, E	A		A, E		C					
12		A, K, P	K		A, K	A, E			A, E		A	A	A, E			
14		A, K			A, K	A		A								
15					A	A, E			A, E		A		A, E, C		E, C	
16		A, K			A	A, E						A				
20						A, E			A, E				A, E			
25						A, E			A, E	A		A	A, E	A, E		

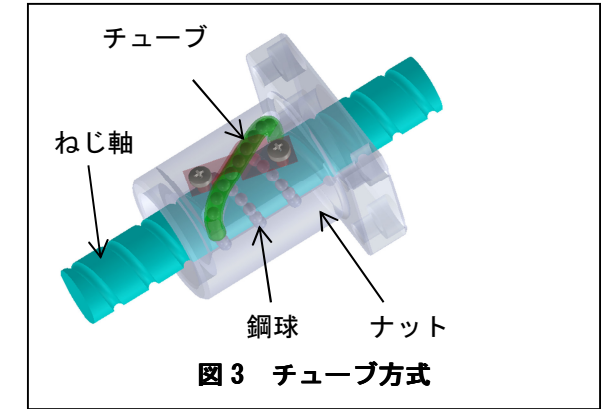
A: チューブ方式
C: エンドキャップ方式

K: コマ方式
P: プレート方式

E: エンドデフレクタ方式

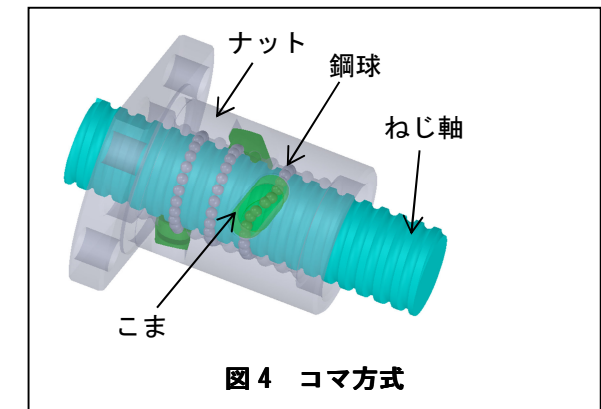
●チューブ方式(Aシリーズ)

ねじ軸とナットの間に転動している鋼球が、ナットに挿入したチューブの先端によってすくい上げられ、チューブの中を通り再びねじ溝に戻る方式です。
最も一般的で、軸径やリードの対応範囲が広いのが特徴です。



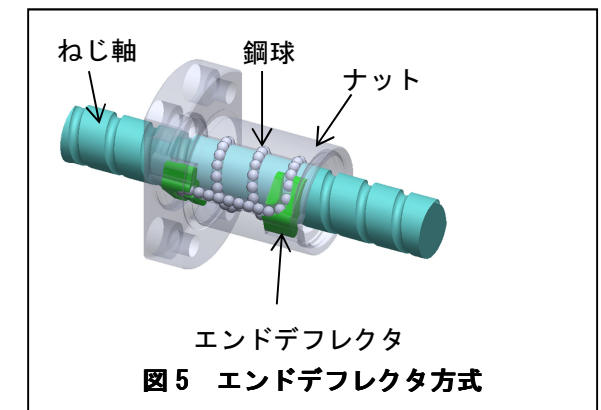
●コマ方式(Kシリーズ)

ナットに組み込まれたコマの溝に沿って軸の外径を乗り越え、再びねじ溝に戻る方式です。
ナット外径を最も小さくでき、コンパクトな設計となっております。
小リードに適しており、回転バランスに優れることが特徴です。



●エンドデフレクタ方式(Eシリーズ)

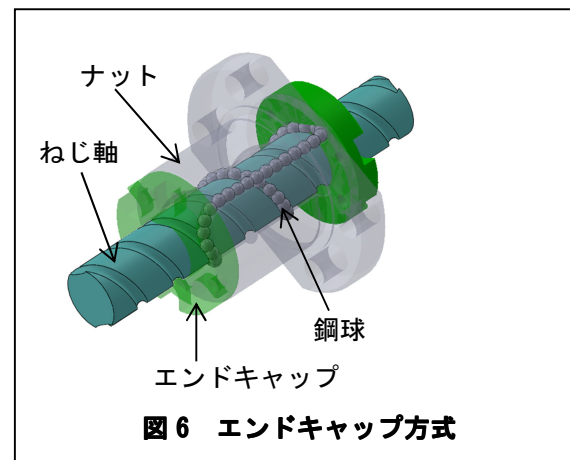
ナット両端に組み込まれたデフレクタで鋼球をねじ溝接線方向に滑らかにすくい上げ、ナット内部の貫通穴を通して、再びねじ溝に戻る方式です。
ナット外径が小さく、コンパクトな設計となっております。
他の方式よりも静音で高速送りが可能となります。
接触式のリップシールを採用し、防塵性に優れます。
対応リードは中リードから超大リードとなっております。



4. 精密ボールねじの精度

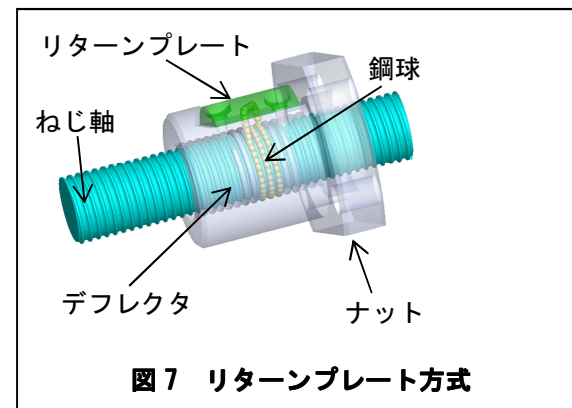
●エンドキャップ方式(Cシリーズ)

ナット両端に取付けたエンドキャップによってすくい上げられた鋼球を、ナット内部の貫通穴を通して再びねじ溝に戻る方式です。
大リードに適しております。



●リターンプレート方式(Pシリーズ)

ナット内部に設けられたデフレクタの先端で鋼球をすくい上げ、リターンプレートの溝を通り、再びねじ溝に戻る方式です。
小リードに適しております。
構造上リターンプレート部分が上になる様に取付ける事によって、より円滑な回転を得られます。



4-1 リード精度

izk ボールねじのリード精度は JIS B1192 による 4 つの特性項目で規定します。

(ねじ部有効長さに対する代表移動量誤差及び変動、任意にとった 300mm 及び 1 回転に対する変動)

JIS B1192 における位置決め用としては C 系列と Cp 系列がありますが、izk では C 系列を採用しております。

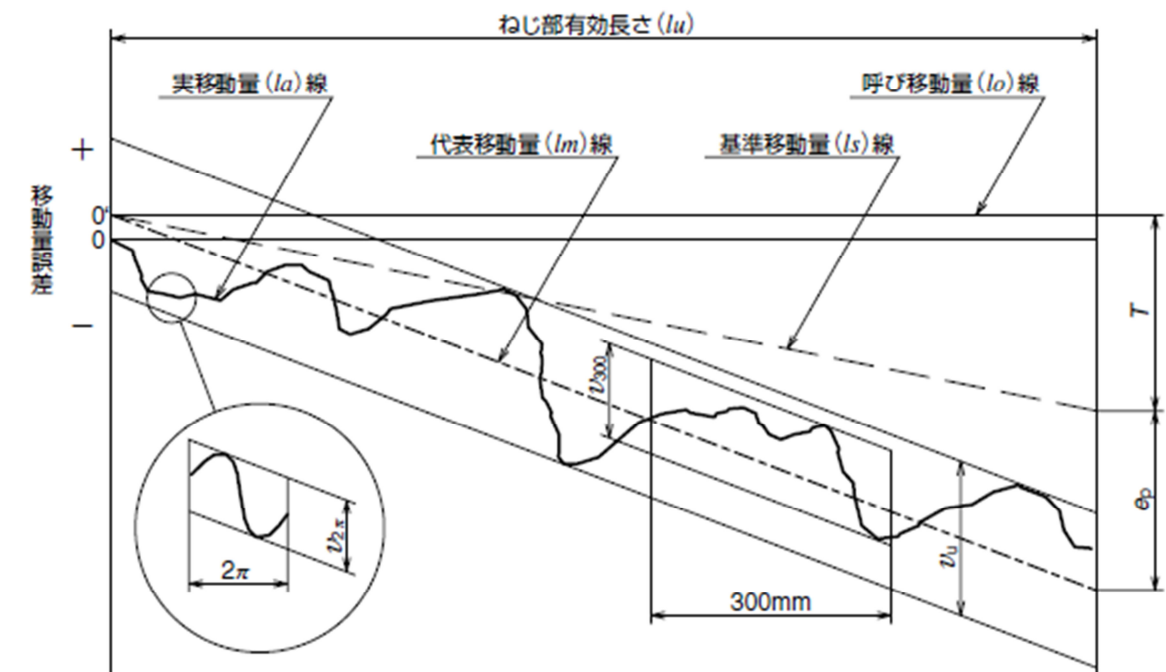


図8 リード精度の説明

呼び移動量 (l_o): 呼びリードに従って任意の回転数回転した時の軸方向移動量

基準移動量 (l_s): 基準リードに従って任意の回転数回転した時の軸方向移動量

実移動量 (l_a): 任意のねじ軸回転角に対する実際に測定された移動量

代表移動量 (l_m): 実移動量の傾向を代表する直線で、実移動量の曲線から最小二乗法
またはそれに類する近似法により求める

代表移動量誤差 (e_p): 代表移動量から基準移動量を引いた値

変動 (u_u): 代表移動量に平行に引いた 2 直線ではさんだ実移動量の最大幅

変動 (u_{300}): ねじ部有効長さの間にとった 300mm に対する実移動量の最大幅

変動 ($u_{2\pi}$): ねじ部有効長さの間にとった任意の 1 回転に対する実移動量の最大幅

表3 位置決め用(C系列)の代表移動量誤差(±ep)と変動(∩u)の許容値

単位：μm

精度等級		C0		C1		C3		C5	
ねじ部有効長さ(mm)		±ep	∩u	±ep	∩u	±ep	∩u	±ep	∩u
を超え	以下								
—	100	3	3	3.5	5	8	8	18	18
100	200	3.5	3	4.5	5	10	8	20	18
200	315	4	3.5	6	5	12	8	23	18
315	400	5	3.5	7	5	13	10	25	20
400	500	6	4	8	5	15	10	27	20
500	630	6	4	9	6	16	12	30	23
630	800	7	5	10	7	18	13	35	25
800	1000	8	6	11	8	21	15	40	27
1000	1200	9	6	13	9	24	16	46	30

表 4 位置決め用(C 系列)の 300mm に対する変動(∩300)とよろめき(∩2π)の許容値

単位：μm

精度等級	C0		C1		C3		C5	
項目	∩300	∩2π	∩300	∩2π	∩300	∩2π	∩300	∩2π
許容値	3.5	3	5	4	8	6	18	8

表 5 搬送用(Ct 系列)の 300mm に対する変動(∩300)の許容値

単位：μm

精度等級	Ct7	Ct10
∩300	52	210

備考) 搬送用(Ct系列)の代表移動量誤差(±ep)は次式にて算出されます。

$$e_p = \frac{2 \times lu}{300} \times v_{300}$$

lu : ねじ部有効長さ

4-2 軸方向すきまと予圧

(1) 軸方向すきま

izk ボールねじのすきま記号の許容値と、精度等級とすきま記号の組合せを以下に記載します。

表6 すきま記号と軸方向すきまの許容値

単位：mm

すきま記号	Z	T	S	N	L
軸方向すきま	0 (予圧)	0.005以下	0.020以下	0.050以下	0.100以下

表7 精度等級と軸方向すきま記号の組み合わせ

すきま記号	Z	T	S	N	L
精度等級					
C0	C0Z	C0T	—	—	—
C1	C1Z	C1T	—	—	—
C3	C3Z	C3T	C3S	—	—
C5	C5Z	C5T	C5S	C5N	—
C7	—	—	C7S	C7N	C7L
C10	—	—	C10S	C10N	C10L

(2) 予圧の効果

ボールねじは予圧によって軸方向すきまを無くせるばかりでなく、軸方向荷重による軸方向変異量を減少させ剛性を高める効果があります。

図9はすきま仕様のボールねじと、予圧仕様のボールねじについて軸方向荷重による弾性変異量の違いを示したものです。(理論値)

予圧によって弾性変異量が減少している(剛性が高まっている)事がわかります。

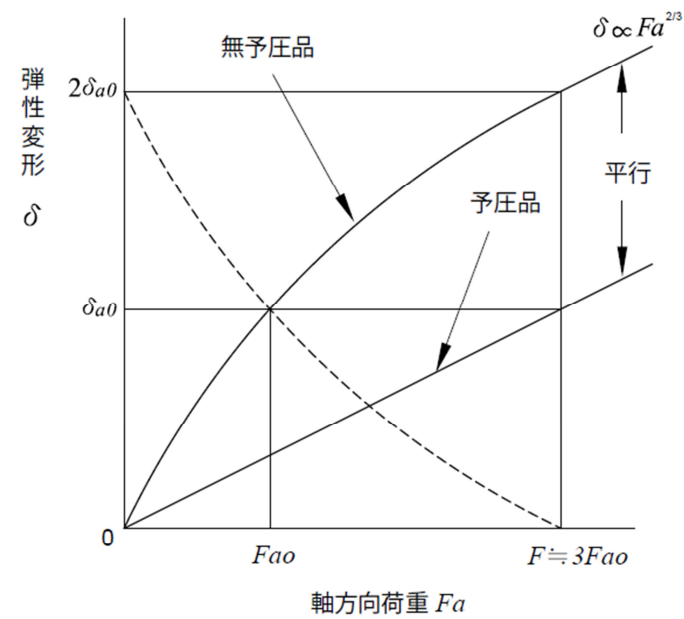


図9 すきま仕様と予圧仕様の弾性変異曲線

※予圧量の目安

予圧荷重を大きくするとナット剛性は上がりますが、過大な予圧荷重は寿命を短くし、発熱などの悪影響も与えますので、最大予圧荷重の目安を基本動定格荷重 C_a の5%としてください。(ダブルナット予圧の場合は10%)

(3) 予圧方法

① オーバーサイズボール予圧

ねじ溝の空間よりもわずかに大きいボールを挿入し、ボールを4点接触させて予圧を与えたものです。作動性向上のためにスペーサーボールを使用します。

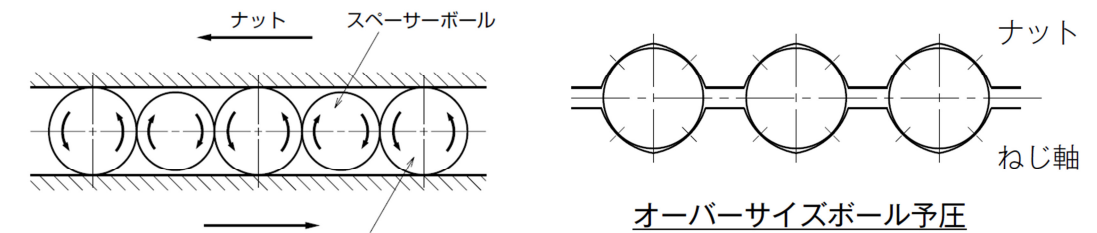


図10 オーバーサイズボール予圧

② ダブルナット予圧(間座予圧)

2個のナットを使用して間に間座を挿入して予圧を与えたものです。

予圧量だけ厚い間座を挿入する方式(引張予圧)と薄い間座を挿入する方式(圧縮予圧)がありますが、izkでは図11の引張予圧を標準として採用しています。

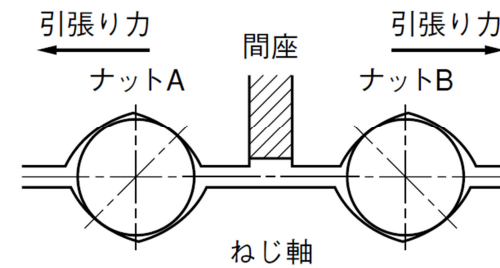


図11 ダブルナット予圧

③ オフセットリード予圧

ナット中央位置のリードを予圧量 α だけ大きくして予圧を与えたものです。

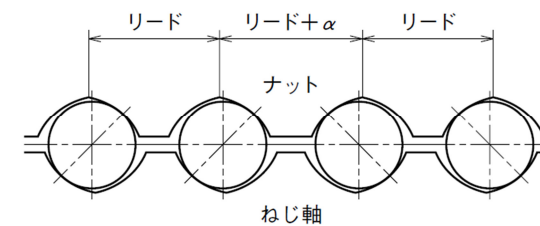


図12 オフセットリード予圧

(4) 予圧トルク

ボールねじの予圧トルクは JIS B1192 に準じて管理されております。

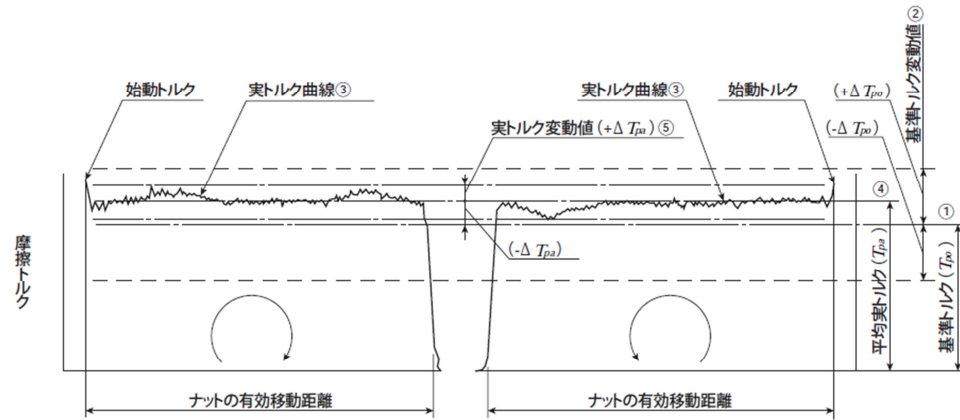


図 13 予圧動トルクの定義説明図

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、ねじ軸を連続して回転させるのに必要なトルク。

実トルク曲線

実際のボールねじについて測定した予圧動トルク。(図 13 の③)

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ります

基準トルク

目標として設定した予圧動トルク。

4-3 ボールねじの取付け部精度

ボールねじの取付け部精度は JIS B1192 により規定され、図 14 の(1)～(7)の精度項目について管理されています。

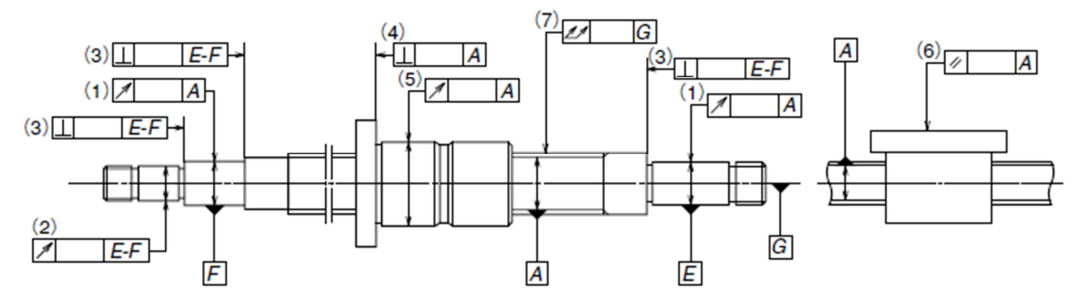


図 14 ボールねじの取付け部精度

- (1) ねじ軸のねじ部軸線に対する支持部外径の半径方向の円周振れ
- (2) ねじ軸の支持部軸線に対する部品取付け部の半径方向の円周振れ
- (3) ねじ軸の支持部軸線に対する支持部端面の直角度
- (4) ねじ軸の軸線に対するナット基準端面またはフランジ取付け面の直角度
- (5) ねじ軸の軸線に対するナット外周面(円筒型)の同軸度
- (6) ねじ軸の軸線に対するナット外周面(平面形取付け面)の平行度
- (7) ねじ軸軸線の半径方向全振れ

表8 ねじ軸のねじ部軸線に対する支持部外径の半径方向円周振れ
及びねじ軸の支持部軸線に対する部品取付け部の半径方向円周振れ

単位：μm

ねじ軸呼び外径		精度等級			
を超え	以下	C0	C1	C3	C5
—	8	3	5	8	10
8	12	4	5	8	11
12	20	4	6	9	12
20	32	5	7	10	13

この項目の測定には、ねじ軸軸線の全振れの影響が含まれますので、その分の補正が必要になります。その補正方法として、ねじ軸全長と支点と測定点の距離の比により、ねじ軸全振れ公差から下式により補正値を求め上表公差に加えて適用します。

計算式

円周振れ補正値＝全振れ公差÷全長×支点と測定点間距離(L1 または L2)

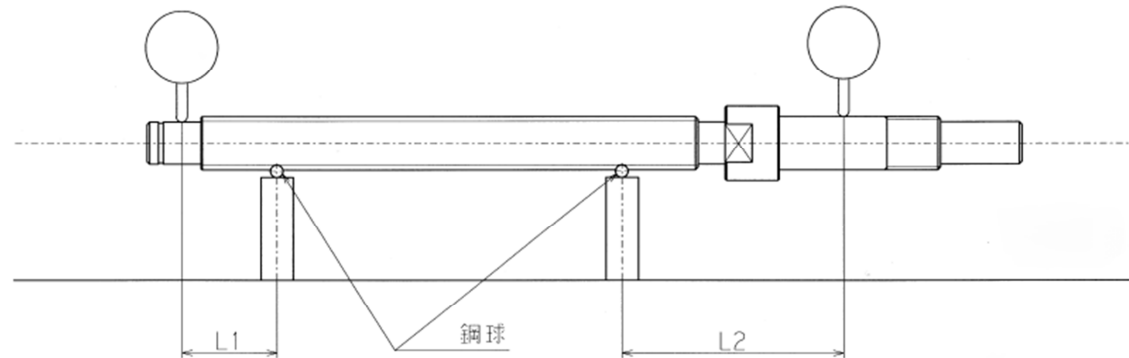
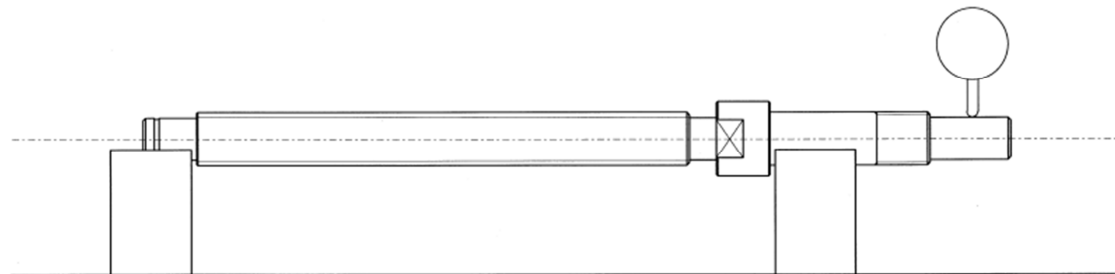


図 15 ねじ軸のねじ部軸線に対する支持部外径の半径方向円周振れ測定

使用ボールと同寸法の鋼球で、ねじ部両端の近傍のねじ溝を支え、軸を 1 回転させた時の振れを測定します。



ねじ軸支持部外周をVブロックなどを用いて水平に支え、ねじ軸を 1 回転させた時の振れを測定します。

図 16 ねじ軸の支持部軸線に対する部品取付け部の半径方向円周振れ測定

表9 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		精度等級			
を超え	以下	C0	C1	C3	C5
—	8	2	3	4	5
8	12	2	3	4	5
12	20	2	3	4	5
20	32	2	3	4	5

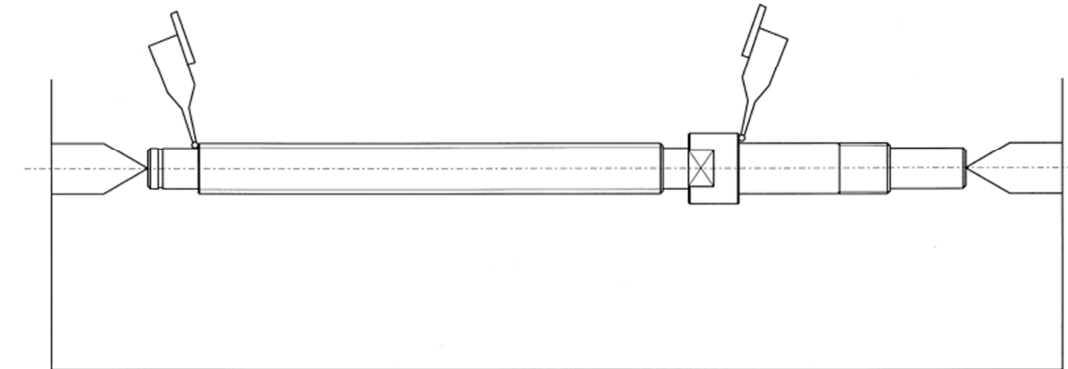


図 17 ねじ軸の支持部軸線に対する支持部端面の直角度測定

ねじ軸両端をセンター穴で支持し、ねじ軸を 1 回転させた時の振れを測定します。

※図面上は支持部軸線基準ですが、支持部軸線はセンター穴基準にて加工されているため、支持部外周面をVブロックなどで支持した場合と同等になります。

表10 ねじ軸の軸線に対するナット基準端面またはフランジ取付け面の直角度

単位: μm

ナット外径(mm)		精度等級			
を超え	以下	C0	C1	C3	C5
—	20	5	6	9	10
20	32	5	6	8	10
32	50	6	7	8	11
50	80	7	8	10	13

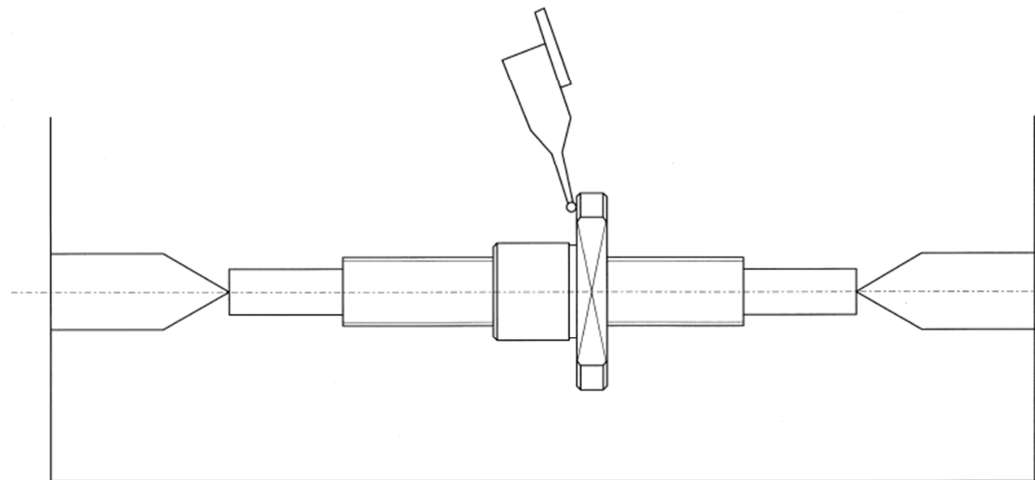


図 18 ねじ軸の軸線に対するナット基準端面またはフランジ取付け面の直角度測定

振れの無い精密研削された測定規範をセンター穴で支持し、規範とナットを共に 1 回転させた時の振れを測定します。

表11 ねじ軸の軸線に対するナット外周面の同軸度

単位: μm

ナット外径(mm)		精度等級			
を超え	以下	C0	C1	C3	C5
—	20	5	6	9	12
20	32	6	7	10	12
32	50	7	8	12	15
50	80	8	10	15	19

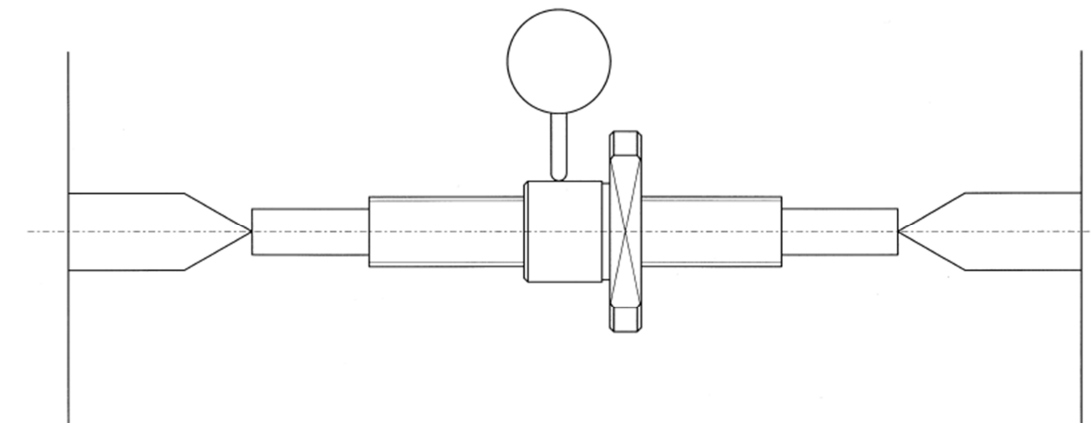


図 19 ねじ軸の軸線に対するナット外周面の同軸度測定

振れの無い精密研削された測定規範をセンター穴で支持し、規範とナットを共に 1 回転させた時の振れを測定します。

表12 ねじ軸の軸線に対するナット外周面(平面形取付け面)の平行度

単位: μm

取付け基準長さ(mm)		精度等級			
を超え	以下	C0	C1	C3	C5
—	50	5	6	8	10
50	100	7	8	10	13
100	200		10	13	17

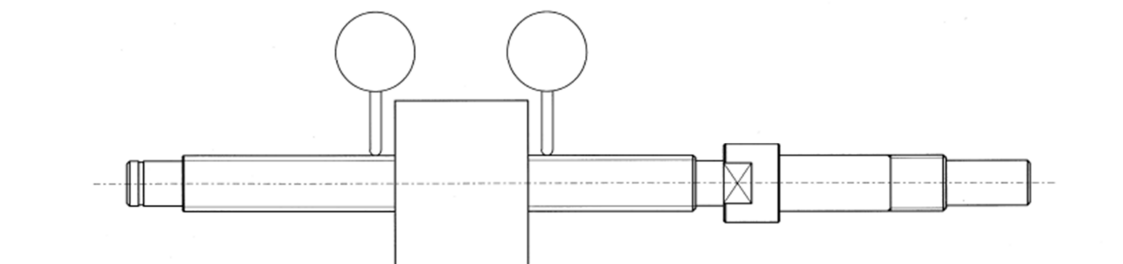


図 20 ねじ軸の軸線に対するナット外周面(平面形取付け面)の平行度測定

ナット取付け面を基準に定盤に置き、ナット近傍のねじ部外径の 2 点の定盤からの高さの差を測定します。

表13 ねじ軸軸線の半径方向全振れ

単位: mm

精度等級		C0			
ねじ軸呼び外径	を超過	—	8	12	20
	以下	8	12	20	32
ねじ軸全長	を超過	以下	振れ公差		
	—	125	0.015	0.015	0.015
	125	200	0.025	0.020	0.020
	200	315	0.035	0.025	0.020
	315	400		0.035	0.025
	400	500		0.045	0.035
	500	630		0.050	0.040
	630	800			0.050
	800	1000			0.065
	1000	1250			0.085

単位: mm

精度等級		C1			
ねじ軸呼び外径	を超過	—	8	12	20
	以下	8	12	20	32
ねじ軸全長	を超過	以下	振れ公差		
	—	125	0.020	0.020	0.015
	125	200	0.030	0.025	0.020
	200	315	0.040	0.030	0.025
	315	400	0.045	0.040	0.030
	400	500		0.050	0.040
	500	630		0.060	0.045
	630	800			0.060
	800	1000			0.075
	1000	1250			0.095

単位: mm

精度等級		C3			
ねじ軸呼び外径	を超過	—	8	12	20
	以下	8	12	20	32
ねじ軸全長	を超過	以下	振れ公差		
	—	125	0.025	0.025	0.020
	125	200	0.035	0.035	0.025
	200	315	0.050	0.040	0.030
	315	400	0.060	0.050	0.040
	400	500		0.065	0.050
	500	630		0.070	0.055
	630	800			0.070
	800	1000			0.095
	1000	1250			0.120

単位: mm

精度等級		C5			
ねじ軸呼び外径	を超過	—	8	12	20
	以下	8	12	20	32
ねじ軸全長	を超過	以下	振れ公差		
	—	125	0.035	0.035	0.035
	125	200	0.050	0.040	0.040
	200	315	0.065	0.055	0.045
	315	400	0.075	0.065	0.055
	400	500		0.080	0.060
	500	630		0.090	0.075
	630	800			0.090
	800	1000			0.120
	1000	1250			0.150

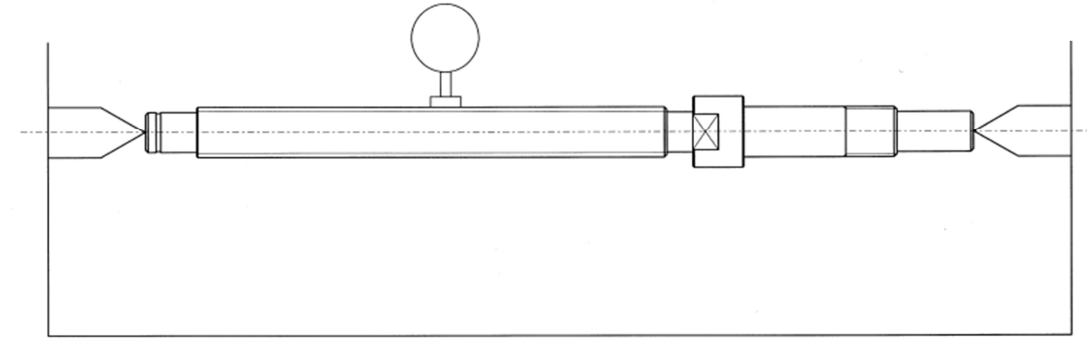


図 21 ねじ軸軸線の半径方向円周振れ測定

ねじ軸両端をセンター穴で支持し、ねじ軸を1回転させた時の振れを測定します。
測定は全域にわたり、数か所行います。

5. ねじ軸の設計

5-1 取付け方法

ボールねじの代表的な取付け方法を図 22 に示します。取付け方法により許容軸方向荷重や許容回転数に相違が出ますので、過酷な使用条件や高精度を必要とする場合には十分検討する必要があります。

取付け方法	主な適用
	◆一般的 ◆中速回転 ◆高精度
	◆高速回転 ◆高精度
	◆低速回転 ◆中精度 ◆軸全長が短い場合
	◆中速回転 ◆中精度

図 22 ボールねじの取付け方法例

5-2 許容軸方向荷重

ボールねじは軸方向に圧縮荷重が作用した場合、ねじ軸に座屈が生じないように検討する必要があります。

座屈に対する許容圧縮荷重の計算式

$$P = \frac{n \times \pi^2 \times E \times I}{Lz^2} \times a$$

P : 座屈に対する許容軸方向荷重(N)
a : 安全係数(0.5)
Lz : 荷重作用点間距離(mm)
E : 縦弾性係数(2.06×10⁵ N/mm²)
I : ねじ軸の最小断面二次モーメント(mm⁴)

$$I = \frac{\pi}{64} \times dr^4$$

dr : ねじ軸谷径(mm)
n : ボールねじの取付け方法によって定まる係数
支持—支持 n=1
固定—支持 n=2
固定—固定 n=4
固定—自由 n=0.25

許容引張圧縮荷重の計算式

$$P = \sigma \times A$$

P : 許容引張圧縮荷重(N)
σ : 許容応力(147MPa)
A : ねじ軸谷径の断面積(mm²)

$$A = \frac{\pi}{4} \times dr^2$$

dr : ねじ軸谷径(mm)

5-3 許容回転数

ボールねじの許容回転数は以下の 2 つの検討を行う必要があり、どちらか低い方を許容回転数とします。

(1) 危険速度

ボールねじは回転速度が高くなると、ねじ軸の固有振動数により共振をおこして運転不能になることがありますので、危険速度以下で使用するように検討してください。

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

N : 危険速度に対する許容回転数 (min⁻¹)

α : 安全係数 (0.8)

L : 支持点間距離 (mm)〈図 22 参照〉

E : 縦弾性係数 (2.06 × 10⁵MPa)

I : ねじ軸の最小断面二次モーメント (mm⁴)

$$I = \frac{\pi}{64} dr^4$$

dr : ねじ軸谷径 (mm)

g : 重力の加速度 (9.8 × 10³mm/s²)

γ : 材料の比重 (7.65 × 10⁻⁵N/mm³)

A : ねじ軸谷径の断面積 (mm²)

$$A = \frac{\pi}{4} dr^2$$

λ : ボールねじの取付け方法によって定まる係数

支持—支持 λ = π

固定—支持 λ = 3.927

固定—固定 λ = 4.730

固定—自由 λ = 1.875

(2) d・n 値

鋼球の公転速度が大きくなると、ボールねじの鋼球循環部の損傷につながります。

そこで許容回転数は鋼球中心円径 d と回転数 n を掛け合わせた d・n 値からも規制されます。

表14 許容d・n値及び最高回転数の目安

シリーズ	循環方式	許容d・n値	最高回転数の目安 【min ⁻¹ 】
Aシリーズ	チューブ方式	≦70,000	3,000
Kシリーズ	コマ方式	≦70,000	3,000
Eシリーズ	エンドデフレクタ方式	≦180,000	5,000
Cシリーズ	エンドキャップ方式	≦70,000	3,000
Pシリーズ	プレート方式	≦70,000	3,000

5-4 ねじ軸設計上の注意点

(1) 取付けについて

ボールねじを取付ける際に、ねじ軸とナットを分離しなければならないような構造は避けてください。分離すると鋼球の脱落、鋼球循環部品の損傷などのトラブルの原因となります。

やむをえず外さなければならない場合は図 23 のようなスリーブを使用して、鋼球をナットに入れたまま外すようにしてください。

スリーブ外径はねじ軸谷径－(0.2～0.4)mm程度としてください。

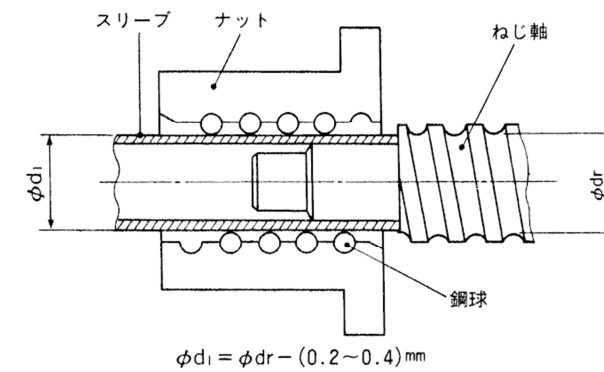


図 23 ナットの取り外し

(2) ねじ軸端形状について

ねじ軸の軸端形状を設計される時は、軸端の一方をねじ軸谷径以下にし、ねじを切り通しにしてください。多くの循環方式では切り通しでないと、構造上組立てができません。

また、切り通し端面を支持軸受などの胴付け面として使用する場合には有効な直角端面が谷径から十分確保できるように設計してください。十分でない場合には軸受などが傾いて取付けられてしまいます。

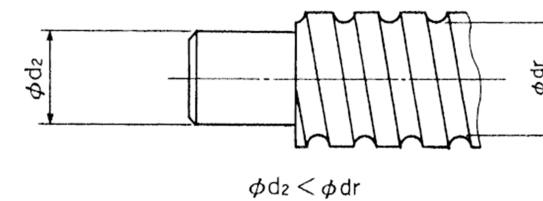


図 24 ねじ軸端形状

6. 精度設計

6-1 送りねじ軸系の剛性

精密機械などの送りねじによる高精度の位置決めを要する場合には、送りねじ系の各構成要素の軸方向剛性を検討する必要があります。

(3) 送りねじ系の軸方向剛性:KT

送りねじ系の軸方向剛性は次式により求められます。

$$\delta = \frac{F_a}{K_T}$$

$$A = \frac{\pi}{4}dr^2 \frac{1}{K_T} = \frac{1}{K_S} + \frac{1}{K_N} + \frac{1}{K_B} + \frac{1}{K_H}$$

δ : 送りねじ系の軸方向弾性変異量 (μm)

F_a: 送りねじ系にかかる軸方向荷重 (N)

K_T: 送りねじ系の軸方向剛性 (N/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: ナット及び軸受取付け部の軸方向剛性 (N/μm)

(4) ねじ軸の軸方向剛性:KS

(a) (a) 固定－固定以外(支持方法)の場合

$$K_S = \frac{A \cdot E}{L} \times 10^{-3}$$

KS: ねじ軸の軸方向剛性 (N/μm)

A: ねじ軸の断面積 (MM2)

$$A = \frac{\pi}{4}dr^2$$

DR: ねじ軸谷径 (MM)

E: 弾性変異係数 (E＝2.06 × 105MPa)

L: 荷重作用点間距離 (MM)〈図 22 参照〉

(b) 固定－固定の場合

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

K_S: ねじ軸の軸方向剛性 (N/μm)

L: 荷重作用点間距離 (mm)

x: ねじ軸取付け間距離 (mm)

L＝x/2 の位置において最大軸方向変異量となり次式にて求められます。

$$K_S = \frac{4A \cdot E}{x} \times 10^{-3}$$

(5) ナットの軸方向剛性:K_N

(b) すきま品の剛性

基本動定格荷重 C_a の 30% 相当の軸方向荷重が加わったときのねじ溝と鋼球間の弾性変異量から求めた剛性理論値 K を寸法表に記載しています。ナット本体の変形を考慮して、表の値の 80% を目安にしてください。

軸方向荷重 F_a が C_a の 30% でない場合の剛性値 K_N は次式により求められます。

$$K_N = 0.8 \times K \left(\frac{F_a}{0.3C_a} \right)^{1/3}$$

K: 寸法表の剛性値 (N/μm)

F_a: 軸方向荷重 (N)

C_a: 基本動定格荷重 (N)

(b) 予圧品の剛性

基本動定格荷重 C_a の 10% (オーバーサイズボール予圧の場合は 5%) に相当する予圧荷重を与え、それに軸方向荷重が作用したときのねじ溝と鋼球間の弾性変異量から求めた剛性理論値 K を寸法表に記載しています。ナット本体の変形を考慮して、表の値の 80% を目安にしてください。

予圧荷重 F_{a0} が C_a の 10% (5%) と異なる場合の剛性値 K_N は次式により求められます。

$$K_N = 0.8 \times K \left(\frac{F_{a0}}{\varepsilon C_a} \right)^{1/3}$$

K: 寸法表の剛性値 (N/μm)

F_{a0}: 予圧荷重 (N)

ε : 剛性計算基準係数

ε＝0.10

ε＝0.05 (オーバーサイズボール予圧)

7. 寿命設計

(6) 支持軸受の軸方向剛性:K_g

支持軸受の剛性は使用する軸受や予圧量によって異なります。

軸受メーカー様にお問い合わせ願います。

(7) ナット及び軸受取付け部の軸方向剛性:K_H

取付け部の剛性は位置決め精度への影響が大きいため、できるだけ剛性の高い設計を心がけてください。

(8) ねじ軸のねじり剛性

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により求められます。

$$\theta = \frac{32T \cdot L}{\pi G d r^4} \times \frac{180}{\pi} = 7.21 \times 10^{-2} \frac{T \cdot L}{d r^4}$$

θ : ねじれ角 (deg)

T : ねじりモーメント (N・cm)

L : ねじり作用点間距離 (mm)

G : 横弾性係数 (7.9 × 10⁴MPa)

dr : ねじ軸谷径 (mm)

ねじれ角による軸方向変異量 δ_a は次式により求められます。

$$\delta_a = l \times \frac{\theta}{360} \times 10^3 \quad (\mu m)$$

l = リード (mm)

7-1 ボールねじの寿命

ボールねじの寿命は主にはくりによる疲れ寿命と、摩耗による精度低下寿命があげられます。

7-2 疲れ寿命

ボールねじの疲れ寿命はころがり軸受と同様、基本動定格荷重を用い推定できます。

7-2-1 基本動定格荷重 C_a

基本動定格荷重とは一群の同じボールねじを同じ条件で回転させたとき、そのうちの 90% がはくりを起こすことなく 100

万回転 (10⁶rev) まで回転できるような軸方向荷重をいいます。

7-2-2 疲れ寿命

- ① 寿命計算疲れ寿命は一般に総回転数で表しますが、総回転時間、または総走行距離で表すこともあります。疲れ寿命は次式により求められます。

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

$$L_t = \frac{L}{60n}$$

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

L : 定格疲れ寿命 (rev)

L_t : 寿命時間 (h)

L_s : 走行距離寿命 (km)

C_a : 基本定格荷重 (N)

F_a : 軸方向荷重 (N)

n : 回転数 (min⁻¹)

l : リード (mm)

f_w : 荷重係数 (運転条件による係数)

衝撃のない円滑な運転のとき	1.0～1.2
普通の運転のとき	1.2～1.5
衝撃振動を伴う運転のとき	1.5～3.0

※選定にあたり疲れ寿命を長くとりすぎると、ボールねじが大きくなり経済的ではありません。

ご参考までに一般的な目標値を示します。

工作機械————20, 000時間

産業機械————10, 000時間

自動制御装置——15, 000時間

計測装置————15, 000時間

② 平均荷重

(a) 荷重と回転数が段階的に分けられる場合

そのような場合の平均軸荷重 F_m 、平均回転数 N_m は次式により求められます。

軸方向荷重 (N)	回転数 (min^{-1})	使用時間 又は使用割合
F_1	n_1	t_1
F_2	n_2	t_2
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
F_n	n_n	t_n

$$F_m = \left(\frac{F_1^3 \cdot n_1 \cdot t_1 + F_2^3 \cdot n_2 \cdot t_2 + \cdots + F_n^3 \cdot n_n \cdot t_n}{n_1 \cdot t_1 + n_2 \cdot t_2 + \cdots + n_n \cdot t_n} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$N_m = \frac{n_1 \cdot t_1 + n_2 \cdot t_2 + \cdots + n_n \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \cdots + t_n}$$

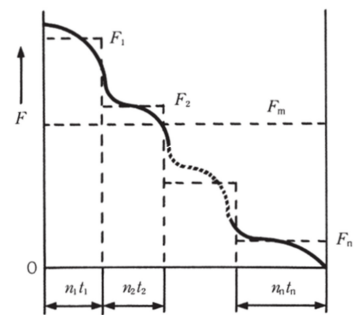


図 25 段階的な変動荷重

(b) 回転数一定で荷重がほぼ直線的に変化する場合

そのような場合の平均荷重 F_m は、近似的に次式により求められます。

$$F_m = \frac{1}{3}(F_{min} + 2F_{max})$$

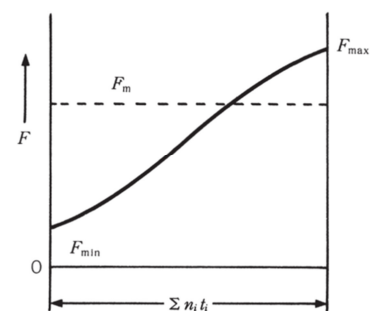


図 26 単調な変動荷重

(c) 荷重が正弦曲線的に変化する場合

そのような場合の平均荷重 F_m は近似的に次式により求められます。

$$(a) \text{ のとき } F_m \cong 0.65F_{max}$$

$$(b) \text{ のとき } F_m \cong 0.75F_{max}$$

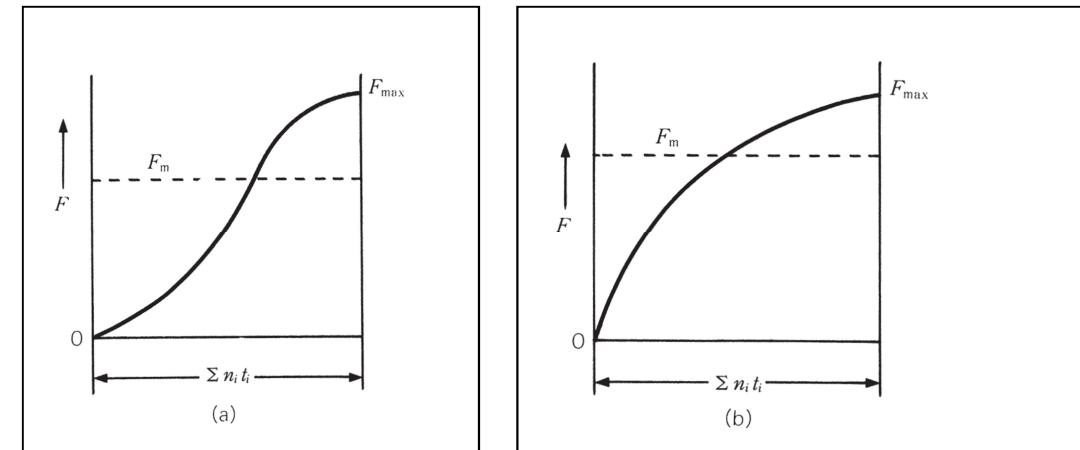


図 27 正弦曲線的に変動する荷重

7-3 ねじ溝部の許容荷重

ボールねじを低速で使用する場合、使用頻度が少ない場合など疲れ寿命を十分満足する使用条件下でも、最大軸方向荷重が基本定格荷重を十分下回る選定が必要です。

(1) 基本静定格荷重: C_{0a}

基本静定格荷重とは最大応力を受けている接触部でねじ溝と鋼球の永久変形量の和が、鋼球径の 1/10, 000 になるような軸方向静止荷重をいいます。

このときのねじ溝部の最大許容荷重 F_{max} は次式により求められます。

$$F_{max} = C_{0a} / f_s \quad (\text{N})$$

f_s : 安全係数 普通運転のとき 1~2

振動、衝撃を伴う運転のとき 2~3

8. 駆動トルク

7-4 ボールねじの材質と硬さ

izk ボールねじの標準材質と熱処理を示します。

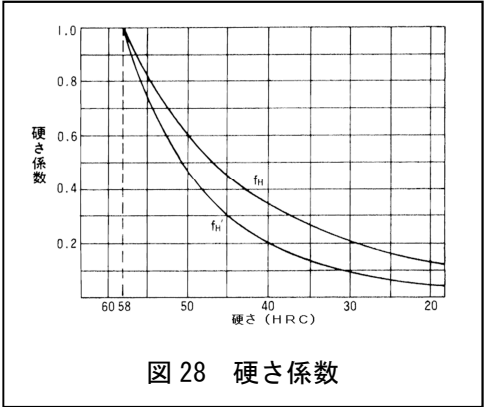
	材 質	熱処理	硬 さ
ナット	SCM415H	浸炭焼入	HRC 58～63
ねじ軸	SCM415H	浸炭焼入	HRC 58～63
	S55C	高周波焼入	

表面硬度が HRC58 未満の場合は、基本動定格荷重と基本静定格荷重に補正を行う必要があります。補正値は次式により求められます。

$Ca' = fh \cdot Ca \text{ (N)}$

$Coa' = fh' \cdot Coa \text{ (N)}$

fh , fh' : 硬さ係数 (右図)



8-1 ボールねじの作動トルク

(a) 正作動トルク

回転運動を直線運動に変換する(正作動)ときのトルクは次式により求められます。

$T_a = \frac{F_a \cdot l}{2\pi \cdot n_1}$

Ta: 正作動トルク(N/cm)

Fa: 軸方向荷重(N)

l : リード(cm)

n1: 正効率(n1=0.9)

(b) 逆作動トルク

直線運動を回転運動に変換する(逆作動)ときのトルクは次式により求められます。

$T_b = \frac{F_a \cdot l \cdot n_2}{2\pi}$

Tb: 逆作動トルク(N/cm)

n2: 逆効率(n2=0.9)

(c) 基準トルク

予圧を与えたボールねじの基準トルクは次式により求められます。

$T_p = 0.05(\tan \beta)^{-0.5} \frac{F_{a0} \cdot l}{2\pi}$

Tp: 基準トルク(N・cm)

Fa0: 予圧荷重(N)

β : リード角(deg)

8-2 モータの駆動トルク

(a) 定速時の駆動トルク

外部荷重に抗してボールねじを定速駆動するのに必要なトルク T₁ は次式により求められます。

$T_1 = (T_a + T_{pmax} + T_u) \times \frac{N_1}{N_2}$

Ta: 定速時の駆動トルク = $\frac{F_a \cdot l}{2\pi \cdot n_1}$

Fa: 軸方向荷重(N)

9. ボールねじの潤滑と防塵

図 29 の F_a の値は $F_a = F + \mu \cdot m \cdot g$

F : ねじ軸方向の切削力など (N)

μ : 摺動面の摩擦係数

m : 移動物質量 (kg) (テーブル質量+ワーク質量)

g : 重力の加速度 (9.8 m/S^2)

T_{pmax} : ボールねじの動摩擦トルクの上限值 (N・cm)

T_u : 支持軸受の摩擦トルク (N・cm)

N_1 : ギヤ 1 の歯数

N_2 : ギヤ 2 の歯数

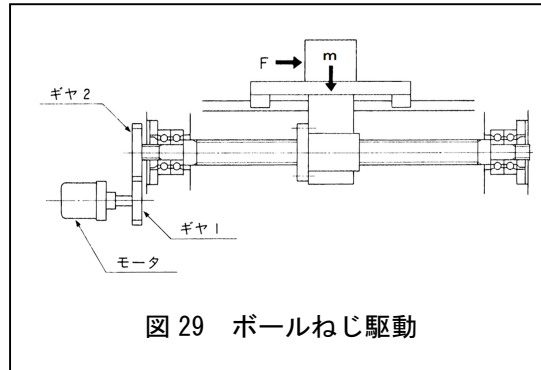


図 29 ボールねじ駆動

(b) 加速時の駆動トルク

軸方向荷重に対してボールねじを加速駆動するとき、最大のトルクを必要とします。

この時に必要なトルクは次式により求められます。

$$T_2 = T_1 + J \cdot \dot{\omega}$$

$$J = J_M + J_{G1} + \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 \left[J_{G2} + J_S + m \left(\frac{l}{2\pi} \right)^2 \right] (\text{kg} \cdot \text{m}^2)$$

T_2 : 加速時の最大駆動トルク (N・m)

$\dot{\omega}$: モータの角加速度 (rad/s^2)

J : モータにかかる慣性モーメント ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

J_M : モータの慣性モーメント ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

J_{G1} : ギヤ 1 の慣性モーメント ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

J_{G2} : ギヤ 2 の慣性モーメント ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

J_S : ねじ軸の慣性モーメント ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

※円筒体 (ボールねじ、ギヤなど) の慣性モーメントの算出には次式を参照してください。

$$J = \frac{\pi \gamma}{32} D^4 \cdot L (\text{kg} \cdot \text{cm}^2)$$

γ : 材料の密度 ($7.9 \text{ kg} \cdot \text{cm}^3$)

D : 円筒体の直径 (cm)

L : 円筒体の長さ (cm)

9-1 潤滑

ボールねじご使用の際には必ず潤滑剤の供給が必要です。供給されない場合はトルク増大や早期寿命などの問題が発生します。必ず潤滑剤を供給してください。

ボールねじの潤滑として、グリース潤滑と油潤滑があります。

グリース潤滑の場合はリチウム石けん基グリース、油潤滑の場合は ISO VG32~100 が使用されます。

一般的に低温、高速、軽荷重用途には基油粘度の低い潤滑剤を、反対に高温、低速、高荷重用途には基油粘度の高い潤滑剤を推奨します。

下表に潤滑剤の点検と補給について一般的目安を示します。

表 15 潤滑剤の点検と補給間隔

潤滑方法	点検間隔	点検項目	補給または交換間隔
自動間欠給油	1週間ごと	油量、汚れなど	点検ごとに補給、ただしタンク容量により適宜
グリース	稼働初期2~3ヵ月	汚れ、異物混入など	通常1年ごとに補給、ただし点検結果により適宜
油浴	毎日始業前	油面管理	消耗状況により適宜規定化

9-2 防塵

ボールねじは、ナット内にごみや異物が混入すると早期に摩耗進行したり、ねじ溝損傷、循環部品の破損などにより作動不良となる場合があります。したがってごみや異物の混入が考えられる場合にはジャバラまたはテレスコピックパイプなどを使用し、ねじ軸を完全にカバーしてください。

10. izk ボールねじ 型式番号の表示方法

型式	ボールねじ						精度	軸方向 すきま	ねじ軸				
	記号	軸径	リード	循環 方式	循環数	ダブルナット 記号			左ねじ 長さ	左ねじ 記号	右ねじ 長さ	右ねじ 記号	全長
	BS	15	10	A	C	W	C5	Z	300	L	300	R	700
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨		⑩		⑪

- ① ボールねじの記号
- ② ねじ軸外径(単位:mm)を表します。
ねじ軸外径が 1 桁の場合は、最初に 0 を付けて 2 桁表示とします。(例)ねじ軸外径 4mm→04
- ③ ボールねじのリード(単位:mm)を表します。
リードが1桁の場合は、最初に 0 を付けて 2 桁表示とします。(例)リード 1mm→01
※ねじ軸外径とリードに小数点以下の表示が有る場合は、ねじ軸外径とリードの間に - を追記します。
(例) ねじ外径 12.7 リード 10 の場合
 BS12.7-10AC-C3Z-540R600
- ④ 循環方式を表します。
A チューブ方式
P リターンプレート方式
K コマ方式
E エンドデフレクタ方式
C エンドキャップ方式
- ⑤ ボールねじナットの循環数を表します。

記号	循環数	適用循環方式
A	1.5巻×1列	チューブ方式
B	1.5巻×2列	
C	2.5巻×1列	
D	2.5巻×2列	
E	2.5巻×3列	
G	3.5巻×1列	
J	3.5巻×2列	

記号	循環数	適応循環方式
F	2.7巻×1列	リターンプレート方式
H	3.7巻×1列	

※ コマ方式、エンドデフレクタ方式、エンドキャップ方式に関しては未表記とします。(寸法表、納入図を参照願います。)

- ⑥ ダブルナットの場合にダブルナットを表す記号 W を表記します。(シングルナットの場合は、未表記)
- ⑦ 精度等級を表します。
C0、C1、C2、C3、C5、C7、C10 にて表します。

- ⑧ 軸方向すきまを表します。

記号	すきま値
Z	0mm(予圧品)
T	0.005mm以下
S	0.020mm以下
N	0.050mm以下
L	0.100mm以下

- ⑨ 左ねじの長さ(単位:mm)を表します。
小数点以下は 1 桁まで表記し、それ以下は切り捨てで表します。
※右ねじの場合は未表記となります。
(例) 左ボールねじ ネジ部長さ 100.55 全長 200 の場合
 BS1510AC-C3Z-100.5L200
- ⑩ 右ねじの長さ(単位:mm)を表します。
小数点以下は 1 桁まで表記し、それ以下は切り捨てで表します。
※左ねじの場合は未表記となります。
(例) 右ボールねじ ねじ部長さ 100.55 全長 200 の場合
 BS1510AC-C3Z-100.5R200
- ⑪ ねじ軸の全長(単位:mm)を表します。
小数点以下は 1 桁まで表記し、それ以下は切り捨てで表します。

11. 軸端追加工について

izk では熟練された追加工技術により、精度劣化のない軸端加工が可能です。

軸端の追加工は弊社にお任せ下さい。

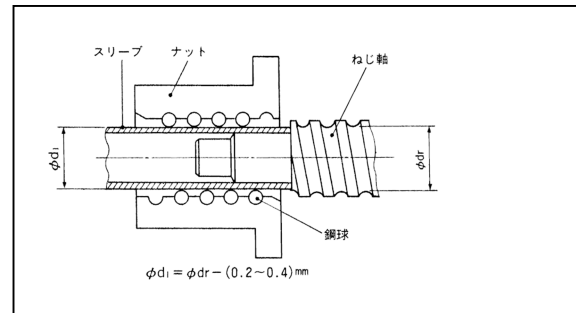
以下に追加工の際の注意事項を記載いたします。

- ① 軸端の追加工は弊社で行う事を推奨いたします。弊社以外で追加工された場合には保証はいたしかねますので、ご了承願います。
- ② 追加工ご依頼の際には、追加工図とともにご指示願います。
- ③ やむを得ず弊社以外で追加工をされる場合は以下の点にご注意願います。

●ナットの取り外し

ナットを取り外す場合には右図のようにスリーブを使用してください。ねじ軸に戻す際には鋼球とねじ溝がしっかり噛み合っている事を確認しながらゆっくりと慎重に戻してください。

無理に戻すと循環部品の破損、鋼球の脱落、ねじ溝へのきず、圧痕などが発生し循環不良、作動不良となり、機能喪失につながります。



●ナット内へのごみ、異物侵入の防止

追加工の際にナット内にごみ、異物の侵入がないように十分にご注意願います。

ナットを取り付けたまま追加工をされる場合には、ナットをビニールなどで包み、両端を密封するなど確実に保護してください。

●洗浄

追加工後には清浄な白灯油でごみや切削液などをしっかり洗浄してください。

●潤滑、防錆

そのままご使用になる場合には潤滑剤を、保管される場合には防錆油を塗布してください。

12. ボールねじ取扱い上の注意

ボールねじは精密部品です。下記事項に十分注意し慎重に取り扱ってください。

潤滑

●ご使用前に潤滑剤の状況をご確認ください。潤滑不良の場合、早期にボールねじの機能喪失の原因となります。

●潤滑グリース塗布の状態で納入の場合はそのままご使用ください。ただし、取扱いでボールねじにごみ、異物が付着した場合は、清浄な白灯油で洗浄し塗布されていたグリースと同じ新品を再塗布してご使用ください。性状の異なるグリースを混合するのは避けてください。

取扱い

●分解は絶対にしないでください。部品の破損や精度低下、事故の原因となります。

●ボールねじのねじ軸、及びナットは自重で落下する事があります。怪我に十分注意してください。落下させた場合は、チェックが必要ですので必ずご返却願います。有償にてチェックいたします。

●ボールねじ取扱いの際には、繊維の出ない手袋を使用してください。

軍手などを使用した場合、繊維がナット内部に入り作動不良となります。(特に鋼球径が小さい場合)
また素手で取扱うと錆発生の可能性が高くなります。

使用上の注意

●ボールねじは清浄な環境でご使用願います。環境によってはジャバラやテレスコピックパイプなどでボールねじへのごみ、異物などの付着、侵入を防止してください。

●ご使用回転数は、カタログ記載の許容回転数の項目を参照願います。許容回転数を超えてのご使用は、循環部品の損傷が発生し、テーブルの落下事故につながる危険性があります。縦軸でご使用の場合は落下防止機構を設ける事を推奨します。

●ナットを軸のねじ部よりオーバーランさせると、ボールの脱落、循環部品の損傷、ねじ溝に圧痕などを発生させ作動不良になることがあります。また、その状態で継続使用の場合、早期摩耗、循環部品の損傷につながることがあります。絶対にオーバーランさせないようにご注意願います。

もし、オーバーランしてしまった場合には弊社までご連絡ください。

有償にて、点検修理を行います。

●使用温度限界は通常 80℃以下でご使用願います。

保管

●保管される場合は納入時の梱包状態で保管してください。無用に関開したりするとごみの侵入や錆の発生原因となり、機能の低下を引き起こす事があります。

●保管姿勢は、下記のようにする事を推奨いたします。

- ① 清浄な場所に枕木をあて水平に置いて保管する。
- ② 清浄な場所に垂直に吊るして保管する。