






安全にお使いいただくために

ご使用前に必ずお読みください。
共通注意事項については本文をご確認ください。

ここに記した注意事項は、当社製品を安全に正しくお使いいただき、人身への危害や損害を未然に防止するためのものです。

注意事項は、取扱いを誤った場合に生じる人身への危害や財産への損害の大きさと切迫の程度を表示するために、「危険」「警告」「注意」の三つに区分されています。

いずれも安全に関する重要な内容ですから、必ず守ってください。

 危険	 警告	 注意
取扱いを誤った場合、人が死亡または重傷を負う危険が切迫して生じることが想定される場合。	取扱いを誤った場合、人が死亡または重傷を負う危険が生じることが想定される場合。	取扱いを誤った場合、人が障害を負う危険が生じることが想定される場合および物的損害のみの発生が想定される場合。

また、労働安全衛生法、その他の安全規則についても必ずお守りください。

なお、「注意」に記載した事項でも、状況によっては重大な結果に結びつく可能性があります。いずれも重要な内容を記載しておりますので、必ず守ってください。

警告

● ボールねじは、正しく選定してください。

ここに掲載されている製品は、使用される条件が多様なため、そのシステムへの適合性の決定は全体のシステムの設計者または仕様の決定責任者が、必要に応じて分析やテストを行ってから決定してください。

このシステムの所期の性能、安全性の保証は、システムの適合性を決定した人の責任になります。今後も最新の製品カタログや資料により、仕様の全ての内容を検討し、機器の故障の可能性についての状況を考慮してシステムの構成をしてください。

● 十分な知識と経験を持った人が取扱ってください。

- ・ご使用前に本カタログ、取扱い説明書をよく読んでご使用ください。
- ・ボールねじは絶対に分解しないでください。ゴミの侵入を招き、精度の低下や事故の原因になる危険性があります。何らかの理由で止むを得ず分解した場合は、弊社にご返却いただければ有償にて修理、再組付けいたします。
- ・ボールねじの機械装置への取付け、取外しに際しては、落下防止処置、機械装置の可動部の固定などの処置がなされていることを確認してから行ってください。

● ここに掲載されている製品は、主に一般産業機械用にご使用いただくものです。次に示す条件や環境でご使用になる場合は、安全対策へのご配慮をいただくとともに、予め当社にご相談ください。

- ・明記されている仕様以外の条件や環境、屋外での使用。
- ・原子力、鉄道、航空機、車両、船舶、医療機器、飲料や食料に触れる機器への使用。
- ・人身や財産に大きな影響が予想され、特に安全が要求される用途への使用。

● ボールねじの軸ねじ部および軸端部は回転部位であり、巻き込まれる危険がありますので動作中は絶対に手を触れないでください。

● 本製品は、兵器・武器関連など軍事用途に使用されることのないよう十分ご留意ください。



ボールねじ / 共通注意事項①

ご使用前に必ずお読みください。

『安全にお使いいただくために』も併せてご確認ください。

設計上の注意

警告

●使用回転速度について

本カタログの許容回転速度の項を参照し、許容回転速度以下でご使用ください。

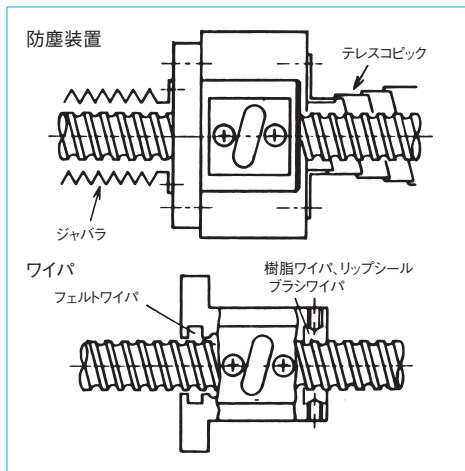
許容回転速度以上でご使用になりますと、循環部品が破損し運転不能になる他、縦軸の場合はボールの脱落によってヘッド等の落下事故につながる危険性があります。

注意

●防塵カバーについて

ボールねじへのゴミや異物の混入が予想される場合はジャバラやテレスコピックなどの防塵、カバーを取付けてください。また、ナット両端にワイパーを取付けることで効果的です。

ゴミや異物が混入しますと、作動不良、異常音、異常振動、早期摩耗、早期剥離など種々の不具合発生の原因となります。



●偏荷重について

システム設計に際し、ボールねじにラジアル荷重やモーメント荷重が直接かからないようにしてください。一部のボールに負荷が大きくなり、寿命を低下させる原因となります。

●ボールねじの組付けについて

ボールねじを機械装置に組付ける場合は、ねじ軸にナットを付けたままで組付けられるように設計してください。ナットの取外し、循環路外へのボール脱落を招き、循環部品の破損につながります。ナットの取外しが避けられない場合は、予め当社へご相談ください。

使用・組付け上の注意

警告

●オーバーランさせないでください。

ボールねじのナットをオーバーランさせ、ストロークエンドで衝撃を受けますとねじ溝に圧痕が生じ、作動不良の原因となります。また、ねじ溝最終端が切り上げ加工されている場合は、ボール循環部品を損傷させ運転不能になることがあります。

オーバーランさせてしまった場合は、当社へご相談ください。有償にて修理致します。

●組付け精度に十分留意してください。

ボールねじ、軸受、ガイド、ナットハウジング相互の心合せ不良および直角度不良によるモーメント荷重は、作動不良、異常音、異常振動、早期寿命の原因となる他、回転曲げ疲労によりねじ軸を折損させ、重大事故につながる恐れがありますので注意してください。

●自重落下に注意してください。

ボールねじは摩擦係数が低いため、軸またはナットが自重で回転落下することがあります。手指の挟み込み等に注意してください。

●怪我をしないよう注意してください。

ねじ軸やナットの角部などは構造上鋭利になる場合があります。切傷などの怪我をする恐れがあります。怪我防止のため、取扱いの際には十分にご注意し、手袋などの保護具を装着して作業を行ってください。

注意

●ナットを外さないでください。

ナットからボールを脱落させてしまったり、軸とナットを分離させてしまった場合は、再組立てをせず当社へご相談ください。有償にて修理致します。

なお、在庫精密ボールねじではねじ軸端部を未加工状態で在庫しております。未加工状態の製品においては、ナット分離用のスリーブを付属いたします。

●ゴミや異物の付着に注意してください。

機械装置の組立て過程では、ねじ軸にゴミや異物が付着しないようにカバーなどで覆いをしてください。ゴミや異物が付着しますと作動不良の原因となります。

●ねじ軸へ軸受、歯車、プーリーなどの部品を取付ける際には、打撃などの衝撃を加えないように注意してください。

ねじ軸に曲がり発生の原因となります。誤って衝撃を加えてしまった場合は、ねじ軸のカップリング取付部などの外周にインジケータを当て、曲がりがないことを確認してから組付けてください。

●使用温度限界内で使用してください。

使用温度限界は、通常60℃以下として設計されています。使用温度限界を超えて使用しますと、潤滑部品やシール部品の損傷につながる恐れがあります。特殊環境でご使用の際は、予め当社にご相談ください。



ボールねじ / 共通注意事項②

ご使用前に必ずお読みください。

「安全にお使いいただくために」も併せてご確認ください。

潤滑

⚠ 注意

●潤滑剤の種類

特に指定のない限り、ナット内には潤滑剤としてアルバニヤグリスS2またはマルテンプPS No.2グリスが封入されています。また、ねじ軸へ塗布されている防錆油は、潤滑性能を兼ね備えていますので、そのままでの使用が可能です。

下記以外の潤滑剤との交換や防錆油の拭き取りはしないでください。

グリース

用途	商品名	メーカー名
一般用	アルバニヤグリスS2	昭和シェル石油
	マルテンプPS No.2グリス	協同油脂
低発塵用	クロダCグリス	黒田精工
	クロダSグリス(耐揺動対応)	黒田精工

潤滑油

用途	商品名	メーカー名
一般用	ダフニーメカニックオイル	出光興産
	モービルバクトラオイル	モービル石油

注) グリースおよびオイルの商品名は各社の登録商標です。

保管

⚠ 注意

●保管方法について

高温、低温、多湿を避け、できるだけ温度差の少ない常温にて結露なきように屋内保管してください。保管状態は、当社の発送梱包のまま水平状態で保管してください。なお、ゴミの侵入や発錆を防ぐため、無用な梱包の開梱、内部包装の開封はしないでください。

点検・注意

⚠ 注意

●潤滑剤の状況確認とグリースの塗布

ボールねじへの潤滑剤は、機械装置の組立て過程でのゴミや異物の付着および作業性を考慮してナット内の封入のみとし、指定のない限りねじ軸へは塗布していません。

ねじサイズおよびねじ軸長さによって、ナット内のグリース量では不足する場合があります。ナットを往復させた後、ねじ軸ねじ溝に十分なグリースが付着していることを確認し、不足している場合はねじ軸へ追加塗布してください。

●潤滑剤の点検、補給

潤滑剤の点検は稼働後2～3箇月後とし、汚れが著しい場合は、古いグリースを拭き取って新しいグリースを塗布するようお勧めします。その後の点検、補給間隔の目安は通常1年毎としますが、使用環境により差がありますので適宜その間隔を設定してください。

補給する潤滑剤は、初期封入銘柄と同一の潤滑剤をご使用ください。

ナットに給油穴のない仕様では、ねじ軸ねじ溝に直接塗布しナット内部にグリースが入るように十分なじませてください。ナットに給油穴のある仕様では、給油穴または給油器(グリースニップル等)から必要量を補給してください。グリース補給後はテーブルを全ストロークの範囲で動作させグリースを十分なじませ、ねじ軸の端に溜まった余分なグリースを拭き取ってください。

給油穴サイズにつきまはは各サイズの形状寸法をご参照ください。

KURODAのボールねじ

高信頼・高精度

KURODAボールねじは、永年のゲージ製造技術の蓄積を背景として厳しく温度管理された工場で研削、組立て、検査が行なわれているので高精度でしかも高い信頼性を持っています。

高い伝達効率

ボールねじは滑りねじとは比較にならない90%以上の高い伝達効率を有し、所要トルクは1/3以下ですみます。したがって直線運動を回転運動に変換することも容易にできます。

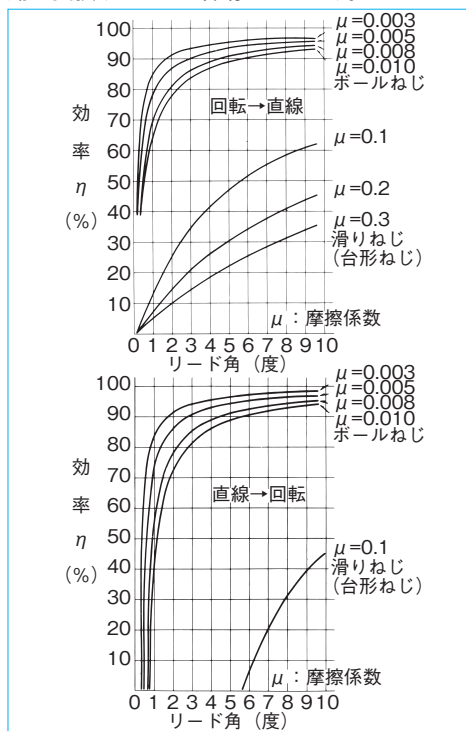


図1 ボールねじの機械効率

優れた耐久性

KURODAボールねじは、厳選された材料と適切な熱処理、高度な生産技術での加工により優れた耐久性を維持します。

少ない軸方向すきま

KURODAボールねじは、ゴシックアーチ溝形状を採用しているため、軸方向すきまを極めて小さく調整でき且つ軽く回すことができます。また予圧をかけることによって軸方向すきまを0にして剛性を高めることができます。



図2 ボールねじの溝形状

微小送りが可能

ボールによるころがり接触のため起動摩擦が極めて小さく低速でも滑りねじのようにスティックスリップを起こすことなく、正確な微小送りができます。

高速運転が可能

高い伝達効率と少ない自己発熱性により高速回転が可能です。

保守が簡単

ボールによるころがり接触のため普通の使用条件では定期的にグリースを供給するだけですみます。

ワイドバリエーション

KURODAボールねじは、機器、装置の小形化、精密化、高速化など多様化したニーズに応えるためミニチュアボールねじ、超高リードボールねじ、高周速対応ボールねじ、在庫精密ボールねじなど豊富な製品群で対応しています。

構造

ボールねじは、ねじ軸とナットとの間に鋼球を介在させ、鋼球が転動しながら循環する構造になっています。

KURODAボールねじは4種類の循環方式を標準としています。

■チューブ方式

一般的なボールねじの循環方式で、循環部として曲げチューブを使用します。この方式は、チューブから導かれた鋼球がねじ溝を1巻半、2巻半、3巻半回転した後再び循環部へ導かれ1つのサーキットを構成します。負荷能力を増すために循環数を増やすことが可能です。

■エンドキャップ方式

ナットの両端に取付けるエンドキャップに、鋼球をすくい上げ戻す機能をもたせた循環方式です。ナット本体に鋼球が行き来するための貫通穴が開けられています。高リードサイズ（例えば、ねじのリードがねじ軸外径の2倍、3倍など）に採用されます。

■デフレクタ方式

ボールねじの循環方式としては、最もコンパクトで回転バランスに優れています。ねじ軸とナットの間を転動する鋼球はナット内部に挿入されたデフレクタに導かれ、1リード毎に循環され1つのサーキットを構成します。

■エンドデフレクタ方式

ナット両端に組込まれるエンドデフレクタに鋼球をすくい上げ戻す機能をもたせナット本体には鋼球が行き来するための貫通穴が開けられています。この方式は、スムーズな鋼球の流れを追求し設計されており、無理なく鋼球を循環させる構造となっています。これにより高周速性と静粛性を実現したコンパクトなナット形状となっています。

材料と熱処理

ねじ溝面の硬さはボールねじの特性上寿命に大きな影響を及ぼします。また軸強度は伝動軸としての要求を満足しなければいけません。したがってボールねじは通常右表に示す材料で最低基準硬さを58HRCとし58～62HRCに表面焼入をしています。さらに耐熱性耐食性が要求される場合はステンレス鋼を使用し硬さを56～59HRCに焼入硬化することができます。

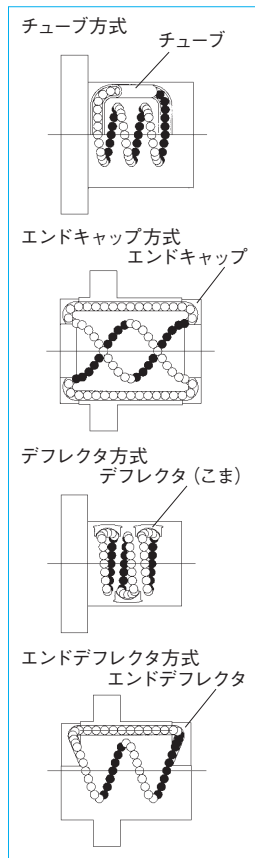


図3 循環方式

表1 材料と熱処理

●研削ボールねじ

	材 料	熱処理	硬 さ
ナット	クロムモリブデン鋼 SCM420	浸炭焼入	58～62HRC
ねじ軸	クロムモリブデン鋼 SCM415 SCM420	浸炭焼入	58～62HRC
	クロムモリブデン鋼 AISI4150HV	誘導加熱焼入	58～62HRC

●転造ボールねじ

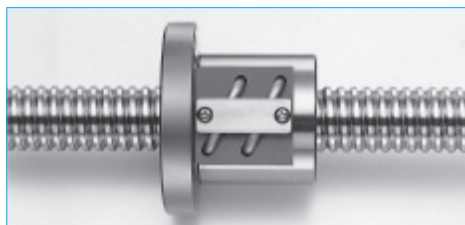
	材 質	熱処理方法	硬 さ
ねじ軸	S45C S55C	誘導加熱焼入	56～62HRC
ナット	SCM420	浸炭焼入	58～62HRC
鋼 球	SUJ2	焼入	60HRC以上

形式

■ナット方式

シングルナット

ナット1個の最も簡単な形式です。通常わずかな軸方向すきまで使用されますが、ねじ軸とナットのねじ溝の精度管理を高めることにより、軸方向すきまを除去し、予圧を与えることができます。シングルナット予圧タイプは、精密位置決めを必要とする半導体製造装置・組立ロボット・測定機器・小形NC工作機械など、軽・中荷重の軽・普通予圧用に適しています。



インテグラルナット

ナットのねじ部を負荷側と予圧側に分け、予圧相当量オフセットして予圧を与えたもので、ダブルナットの負荷側と予圧側のナットを一体としたものです。一体化により短くでき、安定した剛性と良好な作動性能が得られます。普通予圧以上の予圧に適し、中荷重以上の全ての機械・装置などに適しています。



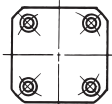
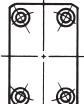
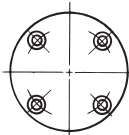
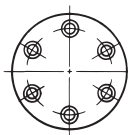
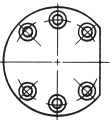
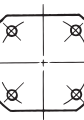

ダブルナット

負荷側と予圧側のナットを設け、互いに反対方向に回転させ所定の予圧を与えた後、ナット間にピンを入れ固定したものです。インテグラルナットより多くのサイズに対応でき、精密位置決めと共に高い剛性を必要とする機械・装置など、中荷重以上の中・重予圧用に適しています。



■フランジ形式

呼びサイズ毎に下図の形状が形式記号で表わされます。

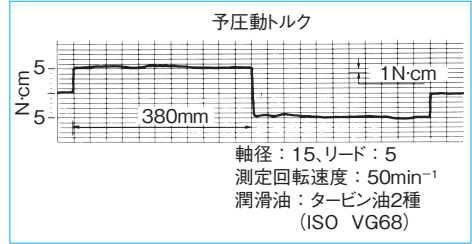
形式記号	A	B	C	
フランジ形式	 角形	 矩形		 丸形
形式記号	D	E	H	
フランジ形式	 一面カット丸形	 角形(座ぐりなし)	 二面カット丸形	

特殊対応仕様のご紹介

実装機、半導体・液晶製造装置やクリーンロボット、SEM関連装置、小形工作機械、医療関連装置、自動車関連設備など各種産業界の多様化するニーズへの対応として、**KURODA**では超精密ボールねじ(C0級以上)、高周速対応、ステンレス製特殊環境用ボールねじ、ロングメンテナンスフリーや環境対応のボールねじなど特殊仕様のボールねじも製作いたします。

■超精密ボールねじ (0.1 μ m/1パルスの送りが可能)

高精度な微細送りををする場合、ボールねじのトルク変動は、精度低下の一因となり、期待した精度が得られない場合があります。レーザスキャナ、SEM関連装置、検査・分析装置などにおいては、トルク変動が移動速度のムラとなり高精度な連続送りができません。**KURODA**ではゲージ製造で培った精密加工技術を活用し自社製のねじ研削盤により、ねじ溝形状・真円度・円筒度を高精度に管理しトルク変動を小さくすることにより、0.1 μ m/1パルスの送りが可能なボールねじを実現しています。



■超精密ボールねじ (ねじ軸、軸心の全振れがC0級の1/4~1/3)

ねじ軸の曲りが全振れ許容値内であれば、一般的構造であるボールねじの両側に設ける剛性のあるガイドにより矯正され、特に走り精度に影響を与えませんが、小形軽量化された案内機構での装置やコンパクト設計を考慮した簡易ガイドなどにした場合、ねじ軸の曲がりばりは走り精度を悪化させピッチング、ヨーイング誤差として現れることがあります。**KURODA**では、独自の特別な加工方法によりねじ軸軸心の全振れがC0クラスの許容値の1/4~1/3のボールねじも製作しています。詳細につきましては、**KURODA**までお問い合わせください。

■高周速対応ボールねじ

工作機械、ロボットなどDmN値70000を越える高速ニーズに応えるボールねじを用意しています。標準化された仕様では本カタログに掲載してある高周速静音ボールねじのFシリーズをはじめ、Gシリーズ(注文生産のみ)においても各々のDmN値に合せた高周速対応仕様を製作しています。詳細につきましては、**KURODA**までお問合せください。

■特殊環境対応ボールねじ

●オールステンレス仕様ボールねじ

真空中、クリーンルーム内、耐薬品などの特殊環境用としてアウトガスが少なく、また耐食性に優れたオールステンレス製のボールねじも製作しております。

詳細につきましては、**KURODA**までお問合せください。

●特殊表面処理の対応

耐食性を要求される環境下で使用する場合には、防錆能力のある防錆黒色被膜処理（電気めっき）を致しますのでご指示ください。防錆黒色被膜処理の被膜厚さは1~2 μ mで、走行初期にボール接触部は除かれますがその後も防錆効果は維持されます。さらに高い耐食性を求められる場合には、防錆黒色被膜処理にフッ素コーティングを付加した仕様、その他各種表面処理につきましても対応いたします。

詳細につきましては、**KURODA**までお問合せください。

■潤滑ユニット付きボールねじ

潤滑ユニットルブシールは、ボールねじナットの両端部に装着しナット内に封入したグリースを適正量ねじ溝に供給できる潤滑装置です。半導体・液晶等製造装置や検査装置、食品機械、医療関連機器、工作機械、自動車生産設備のグリース給油のメンテナンス期間を延長可能です。潤滑ユニットルブシールの詳細につきましては、本カタログ内のルブシールの項目をご覧ください。

■各種グリース対応

クロダでは、クリーンルームに対応するグリースをはじめ、フレッチング対策、極圧対応、低温度範囲での仕様、広温度範囲での仕様など各種仕様に合わせたグリースを用意しています。詳細につきましては、**KURODA**までお問い合わせください。

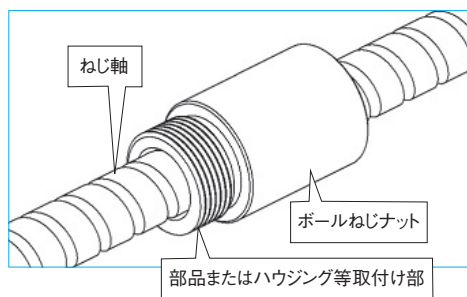
■その他、形状、定格仕様の対応事例

KURODAでは標準化されたカタログ掲載以外の形状、仕様も対応いたします。

左右ねじ、インチ系リード、中空ねじ軸仕様、角形ナットなど特殊形状、歯車・スプライン・セレーション等付きねじ軸、高負荷に対応する仕様など種々対応します。詳細につきましては、**KURODA**までお問い合わせください。

オールステンレス仕様での材質

・ねじ軸、ナット、ボール	マルテンサイト系ステンレス鋼
・循環部品	オーステナイト系ステンレス鋼、析出硬化系ステンレス鋼など
・小ねじ類	オーステナイト系ステンレス鋼



ボールねじ 形式番号の表示方法

形式番号	シリーズ	軸径	リード	循環数	組合せ方式	フランジ形式	胴部形態	ワイバ種類	ねじれ方向	ねじ軸全長	端末形状	ねじ部長さ	精度	軸方向すきま
	FE	15	10	P	S	H	P	N	R	1500	X	1440	C5	F
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭

① ボールねじのシリーズ

シリーズ	在庫シリーズ	注文生産シリーズ	備考
Fシリーズ	FE/C7級, FG/C5級	FR, FM, FZ/C3~C7級	※注文生産シリーズでの□R、□M、□Zは下記を示します。 □R:カタログと同一寸法形状の場合。 □M:カタログとフランジ形状が異なる場合。 □Z:上記以外の場合。 GTは転造品でカタログ寸法と異なる場合に適用。
Dシリーズ	DP/C3級	DR, DM, DZ/C0~C7級	
Gシリーズ	GE/C7級, GG/C5級, GP/C3級	GR, GM, GZ/C0~C10級	
	GY/C10級(転造), GW/C7級(転造)	GT/C7またはC10級(転造)	
Hシリーズ	HG/C5級	—	
Rシリーズ	RW/C7級	—	

- ②ねじ軸外径(単位:mm)を2桁の数字またはアルファベットで表します。
 ・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5mm→05
 ・ねじ軸外径が3桁の場合は、ねじ軸外径100mm→A0、125mm→C5にて表示します。
- ③ボールねじのリードを2桁の数字またはアルファベットで表します。
 ・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
 ・リードに小数点以下の表示がある場合は、リード1.5mm→1F、2.5mm→2Fにて表示します。
- ④ボールねじナットの循環数

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	1.5巻3列	
D	2.5巻1列	
E	2.5巻2列	
F	2.5巻3列	
G	3.5巻1列	
R	3.5巻2列	

記号	循環数	適用循環方式
H	1巻2列	デフレクタ方式
J	1巻3列	
K	1巻4列	
L	1巻5列	
M	1巻6列	
P	仕様を参照	エンドデフレクタ方式
Q	仕様を参照	エンドキャップ方式
Z	その他	記載以外の場合。(ナットなしを含む)

⑤ ボールねじナットの組合せ方式を示します。

記号	組合せ方式
S	シングルナット
T	インテグラルナット
D	ダブルナット(ピン方式)
E	ダブルナット(スペーサ方式)
F	フランジ合せダブルナット(スペーサ方式)
Z	その他(ナットなしを含む)

⑥ フランジ形状を記号で表します。

記号	フランジ形式
A,B,C, D,E,H	A-7ページを参照ください。
N	フランジなし(角形のナットなど)
Z	その他、カタログ以外の形状(ナットなしを含む)

⑦ 胴部形態

記号	胴部形態
A	丸タイプ(チューブ方式)
T	飛出しタイプ(チューブ方式)
U	埋込みタイプ(チューブ方式)
K	角ナットタイプ
D	デフレクタ方式
G	ガイド板方式
E	エンドキャップ方式
P	エンドデフレクタ方式

⑧ ワイバの種類

記号	ワイバ種類
P	プラスチックワイバ
L	リップシール
F	フェルトワイバ
B	ブラシワイバ
N	ワイバなし
S	ルブシール™
Z	その他(ナットなしを含む)

⑨ ねじれ方向

記号	内容
R	右ねじ
L	左ねじ
Z	その他(ナットなしを含む)

⑩ ねじ軸全長(4桁表示)

・メートル(単位:mm)表示で表し、少数点のある場合は少数点以下切り捨てて表します。

⑪ 端末形状

記号	内容	適用
A	両端 未加工品	在庫品
B	片端 完成品	在庫品
X	両端 完成品	在庫品、注文生産品
D	両端 未加工品	GYシリーズでねじ軸のみ注文の場合
Y	両端 完成品	

⑭ 軸方向すきま

記号	すきま値
S	0mm(予圧品)
F	0.005mm以下
H	0.010mm以下
M	0.030mm以下
L	0.200mm以下
Y	転造すきま(GY/GWシリーズは仕様表を参照)
Z	上記の値以外の場合

⑫ ねじ部長さ(4桁表示)

・メートル(単位:mm)表示で表し、少数点のある場合は少数点以下切り捨てて表します。

⑬ 精度等級を表します。

・C0、C1、C2、C3、C4、C5、C7にて表し、C10は「CA」にて表示してください。

■在庫精密ボールねじの表示方法

軸端 未加工品

■GE、GG、FE、FGシリーズボールねじ

●追加加工がない場合

〈表示例〉

GE / FE □□□□ - □□□□ - ねじ軸全長 A

GG / FG □□□□ - □□□□ - ねじ軸全長 A

形式番号

●追加加工がある場合

端末形状を示す記号をXとし、ねじ軸全長、ねじ部長さ、精度、軸方向すきまを記入します。

GE / FE □□□□ - □□□□ - ねじ軸全長 X ねじ部長さ - C 7 M

GG / FG □□□□ - □□□□ - ねじ軸全長 X ねじ部長さ - C 5 F

■HGシリーズボールねじ

●追加加工がない場合

〈表示例〉

HG □□□□ - □□□□ - ねじ軸全長 A

形式番号

●追加加工がある場合

端末形状を示す記号をXとし、ねじ軸全長、ねじ部長さ、精度、軸方向すきまを記入します。

〈表示例〉

HG □□□□ - □□□□ - ねじ軸全長 X ねじ部長さ - C 5 _F

軸片端 完成品

■GP/DPシリーズボールねじ

●追加加工がない場合

〈表示例〉

GP □□□□ - □□□□ - ねじ軸全長 B - C 3 _S

DP □□□□ - □□□□ - ねじ軸全長 B - C 3 _S

形式番号

●追加加工がある場合

端末形状を示す記号をXとし、ねじ軸全長、ねじ部長さ、精度、軸方向すきまを記入します。

GP □□□□ - □□□□ - ねじ軸全長 X ねじ部長さ - C 3 _S

DP □□□□ - □□□□ - ねじ軸全長 X ねじ部長さ - C 3 _S

■在庫転造ボールねじの表示方法

軸端 未加工品

■GYシリーズボールねじ

[軸・ナットのセット]

●追加加工がない場合

〈表示例〉

GY □□□□□□ - □□□□□□ - ねじ軸全長 | A
形式番号

●追加加工がある場合

端末形状を示す記号をXとし、ねじ軸全長、ねじ部長さ、精度、軸方向すきまを記入します。

GY □□□□□□ - □□□□□□ - ねじ軸全長 | X ねじ部長さ - C A Y

[ナットのみ]

ねじ軸全長以降を省略します。

〈表示例〉

GY □□□□□□ - □□□□□□

[軸のみ]

●追加加工がない場合

端末形状を示す記号をDとします。

〈表示例〉

GY □□□□ Z Z - Z Z Z Z - ねじ軸全長 | D

●追加加工がある場合

端末形状を示す記号をYとし、ねじ軸全長、ねじ部長さ、精度、軸方向すきまを記入します。

〈表示例〉

GY □□□□ Z Z - Z Z Z Z - ねじ軸全長 | Y ねじ部長さ - C A Y

注) ねじ軸外径およびリードが同じ軸であればナット形状によらず互関性があります。

軸端 未加工品

■GWシリーズボールねじ

[軸・ナットのセット]

●追加加工がない場合

〈表示例〉

GW □□□□□□ - □□□□□□ - ねじ軸全長 | A
形式番号

●追加加工がある場合

端末形状を示す記号をXとし、ねじ軸全長、ねじ部長さ、精度、軸方向すきまを記入します。

GW □□□□□□ - □□□□□□ - ねじ軸全長 | X ねじ部長さ - C 7 Y

■注文生産ボールねじの表示方法

■ナット寸法がカタログ寸法と全て同一の場合

この場合には、形式番号はそのまま、形式番号の後にはねじ軸全長、ねじ部長さ、精度、軸方向すきまを記入します。

〈表示例〉

GR/DR/FR - - ねじ軸全長 X ねじ部長さ - 精度 軸方向すきま

形式番号

■ナット取付フランジ部の寸法・形状がカタログ寸法と異なる場合

この場合には、形式番号の頭がGM/DM/FMとなり、フランジ形式を示す記号をNまたはZとし、形式番号の後にはねじ軸全長、ねじ部長さ、精度、軸方向すきまを記入します。

〈表示例〉

GM/DM/FM - Z - ねじ軸全長 X ねじ部長さ - 精度 軸方向すきま

形式番号

■上記以外の例えばナット胴部の変更やカタログ寸法以外のサイズ、左ねじ等の場合

この場合には、形式番号の頭がGZ/DZ/FZとなり、必要な箇所を変更したあと形式番号の後にはねじ軸全長、ねじ部長さ、精度、軸方向すきまを記入します。

〈表示例〉

GZ/DZ/FZ - Z - ねじ軸全長 X ねじ部長さ - 精度 軸方向すきま

形式番号

■注文生産転造ボールねじの表示方法

■ナット寸法がカタログ寸法と異なる場合

この場合には、形式番号の頭がGTとなり、必要な箇所を変更したあと形式番号の後にはねじ軸全長、ねじ部長さ、精度、軸方向すきまを記入します。

〈表示例〉

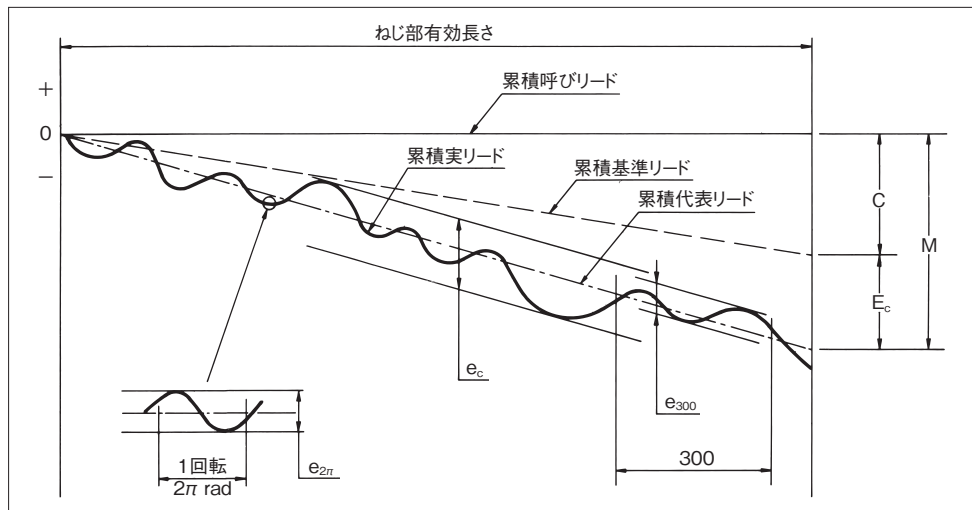
GT - Z - ねじ軸全長 X ねじ部長さ - 精度 軸方向すきま

形式番号

ボールねじ技術資料

リード精度

ボールねじのリード精度はJISに基づき、次に示す諸特性で定義され、その許容値を表2、3に示します。



用語の意味

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)

累積基準リード目標値C

温度変化や外部荷重によるねじ軸の伸縮が考えられる場合に、あらかじめ設定する累積リードの目標値で、その値は実験または経験により決定します。目標値CはF-20の累積基準リードの決め方を参考にして設定してください。

累積実リード

実際のボールねじについて連続測定またはねじ軸の軸線を含む任意の断面上における測定より求めた累積リード。

累積代表リードM

累積実リードの傾向を代表する直線。ボール

ねじの有効移動量またはねじ軸のねじ部有効長さに対する累積実リードを示す曲線から、最小二乗法またはそれに類する近似法により求める。

累積代表リード誤差E_c

累積代表リード(M)から累積基準リード目標値(C)を引いた値。

変動

累積代表リードに平行に引いた2本の直線ではさんだ累積実リードの最大幅で e_c 、 e_{300} 、 $e_{2\pi}$ で規定される。

e_c : ボールねじの有効移動量またはねじ軸のねじ部有効長さに対する最大幅

e_{300} : ねじ軸のねじ部有効長さの間に任意にとった300mmに対する最大幅

$e_{2\pi}$: ねじ軸のねじ部有効長さの間の任意の1回転(2π rad)に対する最大幅(よろめぎ)

■累積代表リード誤差と変動許容値

●精度等級C0～C5

表2 累積代表リード誤差 ($\pm E_c$) と変動 (e_c) の許容値 (単位: μm)

精度等級 ねじ部有効長さ(mm) を超え 以下		C0		C1		C2		C3		C4		C5	
		$\pm E_c$	e_c	$\pm E_c$	e_c	$\pm E_c$	e_c	$\pm E_c$	e_c	$\pm E_c$	e_c	$\pm E_c$	e_c
—	315	4	3.5	6	5	9	6	12	8	15	11	23	18
315	400	5	3.5	7	5	10	7	13	10	17	13	25	20
400	500	6	4	8	5	11	7	15	10	19	13	27	20
500	630	6	4	9	6	12	9	16	12	20	16	30	23
630	800	7	5	10	7	14	10	18	13	24	17	35	25
800	1000	8	6	11	8	16	11	21	15	28	19	40	27
1000	1250	9	6	13	9	18	12	24	16	32	21	46	30
1250	1600	11	7	15	10	21	13	29	18	38	24	54	35
1600	2000			18	11	26	15	35	21	46	28	65	40
2000	2500			22	13	31	18	41	24	54	32	77	46
2500	3150			26	15	37	21	50	29	66	38	93	54
3150	4000			32	18	43	24	62	35	80	46	115	65
4000	5000							76	41	97	54	140	77
5000	6000											170	93

表3 変動許容値 (単位: μm)

精度等級		C0		C1		C2		C3		C4		C5	
項目	許容値	e_{300}	e_{2r}	e_{300}	e_{2r}	e_{300}	e_{2r}	e_{300}	e_{2r}	e_{300}	e_{2r}	e_{300}	e_{2r}
		3.5	3	5	4	6	5	8	6	11	7	18	8

●精度等級C7、C10

C7およびC10の累積リード誤差はJISに基づき、ねじ軸のねじ部有効長さの任意にとった300mmの基準リードに対するリード誤差の許容値で規定します。

表4 累積リード誤差許容値 (単位: mm)

精度等級	C7	C10
累積リード誤差	0.05/300	0.21/300

■精度等級と軸方向すきま

精度等級と軸方向すきまの関係は右表に示す組合せとなります。

表5 精度等級と軸方向すきま

記号	軸方向すきま(mm)	ナットの組合せ	精度等級								
			C0	C1	C2	C3	C4	C5	C7	C10	
S	0	ダブルナット	○	○	○	○	○	○	○	—	—
S	0		○	○	○	○	○	○	○	—	—
F	0.005以下		—	○	○	○	○	○	○	—	—
H	0.010以下	シングルナット	—	—	—	—	○	○	○	—	—
M	0.030以下		—	—	—	—	○	○	○	—	—
L	0.200以下		—	—	—	—	—	—	—	○	○

※インテグラルナットの場合は、ダブルナットでの組合せを適用します。
 ※転造ボールねじGY/GWシリーズには、上表を適用せず転造ボールねじの各ページをご参照ください。
 ※上記以外の組合せにつきましてはお問合せください。

■精度等級と軸長さ製作範囲

細長比(軸長/軸径)が大きい場合には希望するねじ精度の製作が困難な場合があります。表6は標準の作業で製作し得る最大長さを示したものです。製作範囲を超える場合にはご相談ください。

表6 精度等級と軸長さ製作範囲 (単位: mm)

精度等級	ねじ軸外径																
	5	6	8	10	12	15-16	20	25	28	32	36	40	45	50	55	63	70-80-100-125
C0	90	160	240	340	420	500	800	1100	1200	1600	1800	2000	2000	2000	2000	2000	—
C1	120	180	280	400	500	600	900	1300	1500	1800	2000	2200	2300	2800	3000	3000	3000
C2	120	180	280	400	500	600	1100	1600	1800	2200	2500	2800	3000	3600	4000	4500	4500
C3	140	210	340	480	600	700	1400	1800	2000	2500	2800	3200	3600	4000	5000	5000	5000
C4	140	210	340	480	600	800	1400	1800	2000	2500	2800	3200	3600	4000	5000	5000	5000
C5	140	210	340	655	900	1500	2000	2000	2200	2800	3100	3600	4100	4500	5000	5000	5000
C7	—	—	340	655	900	1500	2000	2300	2600	3200	3600	4600	5000	5000	5000	5000	5000
C10	—	—	—	—	1500	2000	2300	2600	3600	4000	4600	5000	5000	5000	5000	5000	5000

※但し、リードがねじ軸呼び外径以上の場合、製作可能等級はC2～C10となります。

ボールねじ取付部精度

■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および部品取付部の半径方向円周振れならびに支持部端面の直角度の公差は、それぞれ表7および表8による。

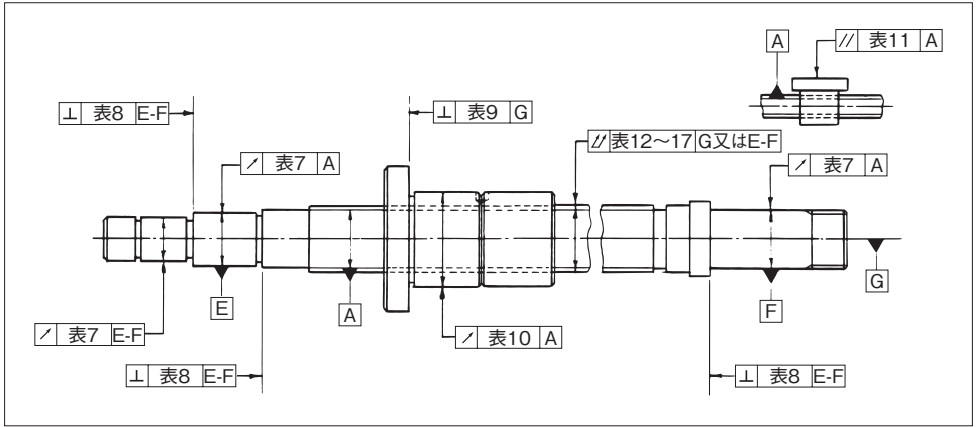


図5 ボールねじの取付部精度 (例図)

表7 ねじ軸の支持部軸線に対するねじ溝面の半径方向円周振れと、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	C4	C5
—	8	3	5	7	8	9	10
8	12	4	5	7	8	9	11
12	20	4	6	8	9	10	12
20	32	5	7	9	10	11	13
32	50	6	8	10	12	13	15
50	80	7	9	11	13	15	17
80	125	—	10	12	15	17	20

注) 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 (L_1 、 L_2) との比によって表12~17のねじ軸軸線の全振れ (公差) から補正値を求め、上表の (公差) に加えて適用する。

表8 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	C4	C5
—	8	2	3	3	4	4	5
8	12	2	3	3	4	4	5
12	20	2	3	3	4	4	5
20	32	2	3	3	4	4	5
32	50	2	3	3	4	5	5
50	80	3	4	4	5	6	7
80	125	—	4	5	6	7	8

■ナットの取付部精度

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また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（円筒形または平面形）の半径方向円周振れまたは平行度の公差は、それぞれ表9、表10および表11による。

表9 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	C4	C5
—	20	5	6	7	8	9	10
20	32	5	6	7	8	9	10
32	50	6	7	8	8	10	11
50	80	7	8	9	10	11	13
80	125	7	9	10	12	13	15
125	160	8	10	11	13	15	17
160	200	—	11	12	14	16	18
200	250	—	12	13	15	17	20

表10 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	C4	C5
—	20	5	6	7	9	10	12
20	32	6	7	8	10	11	12
32	50	7	8	10	12	13	15
50	80	8	10	12	15	17	19
80	125	9	12	16	20	23	27
125	160	10	13	17	22	26	30
160	200	—	16	20	25	29	34
200	250	—	18	23	28	33	38

表11 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	C4	C5
—	50	5	6	7	8	9	10
50	100	7	8	9	10	11	13
100	200	—	10	11	13	15	17

■ねじ軸軸心の全振れ

ねじ軸軸心の全振れの許容値は、それぞれ表12～表17による。

表12 ねじ軸軸心の全振れ〔C0〕

(単位：mm)

ねじ軸全長	ねじ軸呼び径		を超え 以下	—	8	12	20	32	50	80
	を超え	以下		8	12	20	32	50	80	125
—	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	0.015	
630	800					0.050	0.035	0.025	0.020	
800	1000					0.065	0.045	0.030	0.025	
1000	1250					0.085	0.055	0.040	0.030	
1250	1600					0.110	0.070	0.050	0.040	
1600	2000						0.095	0.065	0.045	

表13 ねじ軸軸心の全振れ〔C1〕

(単位：mm)

ねじ軸全長	ねじ軸呼び径		を超え 以下	—	8	12	20	32	50	80
	を超え	以下		8	12	20	32	50	80	125
—	125			0.020	0.020	0.015				
125	200			0.030	0.025	0.020	0.020			
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	0.020	
630	800					0.060	0.040	0.030	0.025	
800	1000					0.075	0.055	0.040	0.030	
1000	1250					0.095	0.065	0.045	0.035	0.030
1250	1600					0.130	0.085	0.060	0.045	0.035
1600	2000						0.120	0.080	0.055	0.040
2000	2500							0.100	0.070	0.050
2500	3150							0.130	0.090	0.060
3150	4000								0.120	0.080

表14 ねじ軸軸心の全振れ〔C2〕

(単位：mm)

ねじ軸全長	ねじ軸呼び径		を超え 以下	—	8	12	20	32	50	80
	を超え	以下		8	12	20	32	50	80	125
—	125			0.025	0.020	0.020				
125	200			0.035	0.030	0.020	0.025			
200	315			0.045	0.035	0.025	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	0.025	
630	800					0.065	0.045	0.035	0.030	
800	1000					0.080	0.060	0.045	0.035	
1000	1250					0.105	0.070	0.050	0.040	0.030
1250	1600					0.140	0.095	0.065	0.050	0.035
1600	2000						0.130	0.090	0.065	0.045
2000	2500							0.110	0.080	0.055
2500	3150							0.140	0.100	0.065
3150	4000								0.130	0.090
4000	5000									0.110

表15 ねじ軸軸心の全振れ [C3]

(単位: mm)

ねじ軸全長	ねじ軸呼び 外径		を超え 以下	—	8	12	20	32	50	80
	を超え	以下		8	12	20	32	50	80	125
—	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				0.080	0.055	0.045	0.035	0.030	
630	800					0.070	0.055	0.040	0.035	
800	1000					0.095	0.065	0.050	0.040	0.030
1000	1250					0.120	0.085	0.060	0.045	0.035
1250	1600					0.160	0.110	0.075	0.055	0.040
1600	2000						0.140	0.095	0.070	0.050
2000	2500							0.120	0.085	0.060
2500	3150							0.160	0.110	0.075
3150	4000							0.220	0.150	0.100
4000	5000								0.200	0.130

表16 ねじ軸軸心の全振れ [C4]

(単位: mm)

ねじ軸全長	ねじ軸呼び 外径		を超え 以下	—	8	12	20	32	50	80
	を超え	以下		8	12	20	32	50	80	125
—	125			0.030	0.030	0.030				
125	200			0.040	0.040	0.035	0.030			
200	315			0.055	0.050	0.040	0.035			
315	400			0.070	0.060	0.050	0.040	0.035		
400	500				0.075	0.055	0.050	0.040		
500	630				0.090	0.070	0.055	0.050	0.035	
630	800					0.080	0.065	0.055	0.040	
800	1000					0.100	0.070	0.060	0.050	0.035
1000	1250					0.130	0.090	0.070	0.055	0.040
1250	1600					0.170	0.120	0.080	0.060	0.045
1600	2000						0.150	0.110	0.080	0.060
2000	2500							0.130	0.100	0.070
2500	3150							0.180	0.130	0.090
3150	4000							0.240	0.170	0.120
4000	5000								0.220	0.150

表17 ねじ軸軸心の全振れ [C5]

(単位: mm)

ねじ軸全長	ねじ軸呼び 外径		を超え 以下	—	8	12	20	32	50	80
	を超え	以下		8	12	20	32	50	80	125
—	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	0.040	
630	800					0.090	0.070	0.055	0.045	
800	1000					0.120	0.085	0.065	0.050	0.045
1000	1250					0.150	0.100	0.075	0.060	0.050
1250	1600					0.190	0.130	0.095	0.070	0.055
1600	2000						0.170	0.120	0.085	0.065
2000	2500							0.150	0.110	0.080
2500	3150							0.200	0.140	0.095
3150	4000							0.260	0.180	0.120
4000	5000								0.240	0.160
5000	6300								0.320	0.210

予圧トルク

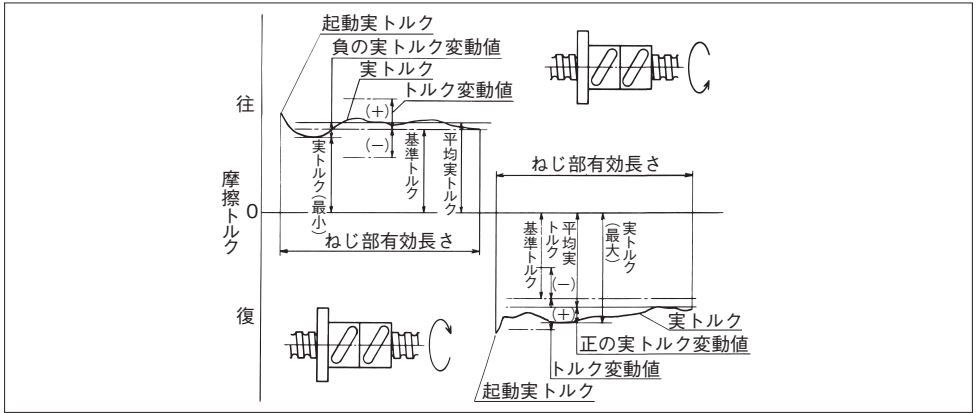


図6 予圧トルク特性

■用語の意味

予 圧

ボールのねじのバックラッシュの低減や剛性の増大を図るため、一群の鋼球を組み込んだりまたは相互に軸方向に変位させた一對のナットを使用すること。

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、ねじ軸またはナットを連続して回転させるのに必要な動トルク。

基準トルク

目標として設定した予圧動トルク。

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および負にとる。

トルク変動率

基準トルクに対するトルク変動値の割合。

■トルク変動率の許容域

表18 トルク変動率の許容域

基準トルク (N・cm)		ねじ部有効長さ (mm)											
		4000以下											
		細長比：40以下					細長比：60以下						
を 超え	以下	精度等級					精度等級						
		C0	C1	C2	C3	C4	C5	C0	C1	C2	C3	C4	C5
20	40	±35%	±40%	±45%	±45%	±50%	±55%	±40%	±45%	±50%	±55%	±60%	±65%
40	60	±25	±30	±35	±35	±40	±45	±33	±38	±45	±45	±50	±50
60	100	±20	±25	±30	±30	±35	±35	±25	±30	±35	±35	±40	±40
100	250	±15	±20	±25	±25	±30	±30	±20	±25	±30	±30	±35	±35
250	630	±10	±15	±20	±20	±25	±25	±15	±20	±25	±25	±30	±30
630	1000	—	—	±15	±15	±20	±20	—	—	±20	±20	±25	±25

注) 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。

実トルク

実際のボールねじについて測定した予圧動トルク。

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時の実トルクの最大値と最小値の算術平均値。

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時の最大の変動値。平均実トルクに対して正および負にとる。

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。

■測定条件

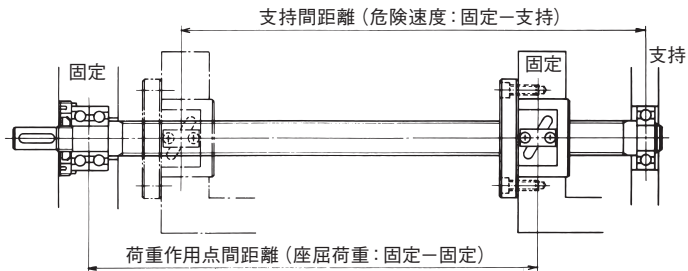
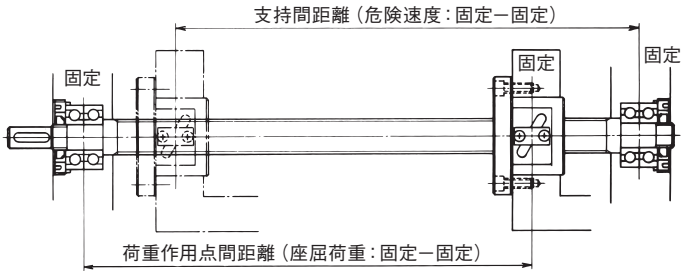
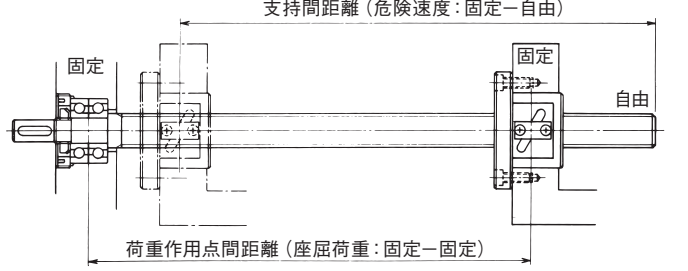
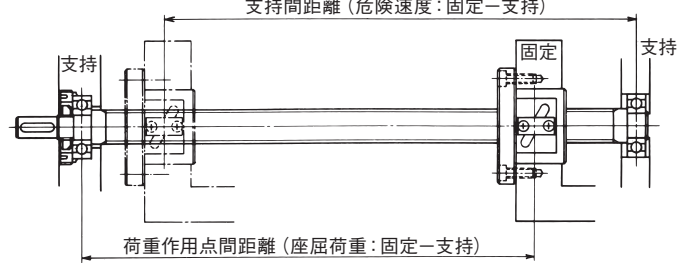
測定回転速度：100min⁻¹

潤滑油の粘度：ISO VG100

ねじ軸の設計

■ねじ軸の取付支持方法

ねじ軸の代表的取付方法として下記の4種類があります。取付方法の相違により許容軸方向荷重や危険速度に対する許容回転速度に相違がでますので、過酷な使用条件や高精度を必要とする場合は十分検討する必要があります。

取付方法	適用例
	<ul style="list-style-type: none"> ●一般的な取付方法 ●中速回転～高速回転 ●中精度～高精度
	<ul style="list-style-type: none"> ●中速回転 ●高精度
	<ul style="list-style-type: none"> ●低速回転 ●軸長が短い場合 ●中精度
	<ul style="list-style-type: none"> ●低速回転～中速回転 ●低精度～中精度

■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、許容軸方向荷重線図を下図に示します。

- (1) 斜線はねじ軸の座屈を考慮した許容軸方向荷重です。ねじ軸の支持方法によりそれぞれの目盛を読んでください。
- (2) 取付間距離に対し平行な線は許容引張・圧縮荷重です。支持－支持の目盛で読んでください。
- (3) 取付間距離に対し垂直な線は、標準的な作業で製作し得るねじ軸の長さを示します。(F-3 ページ、表6 参照)

●座屈に対する許容軸方向荷重：P

$P = \alpha P_k \text{ (N)}$ ①

ただし
 P_k : 座屈荷重 (N)
 α : 安全係数 ($\alpha = 0.5$)
 要求される安全性の割合によってはさらに安全率を大きく取る必要があります。

一般に長柱の座屈荷重はオイラーの式により算出することができます。

ただし細長比 l/k (k : 断面二次半径) が90以下の場合はランキンまたはテトマイヤーの式を適用してください。

●オイラーの式による座屈荷重：P_k

$$P_k = \frac{\pi^2 EI}{l^2} \text{ (N)} \dots\dots\dots ②$$

ただし
 P_k : 座屈を起こし始める荷重 (N)
 l : 荷重作用点間距離 (mm)
 E : ヤング率 ($2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$)
 I : ねじ軸谷径断面の最小二次モーメント (mm^4)

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

d : ねじ軸谷径 (mm) 各形状寸法表参照
 n : ボールねじの支持方法で定まる係数
 支持－支持 $n=1$ 固定－固定 $n=4$
 固定－支持 $n=2$ 固定－自由 $n=0.25$

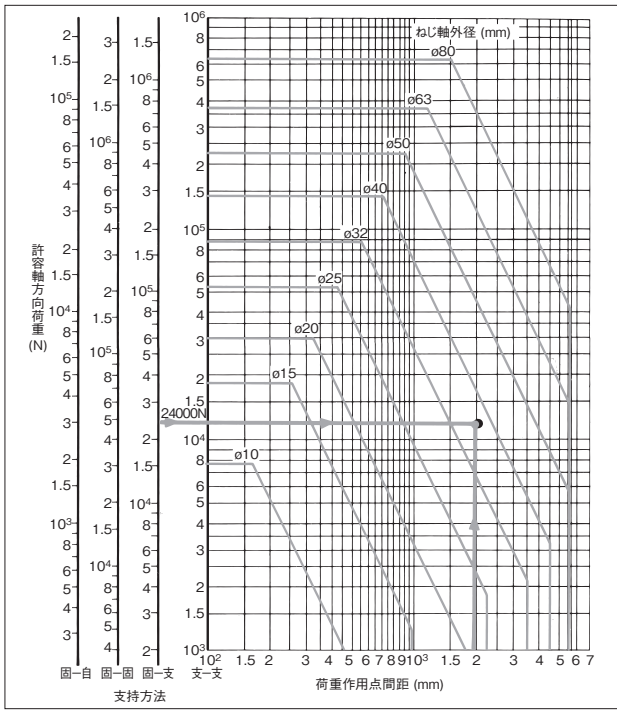


図7 許容軸方向荷重線図

例. 軸径の求め方

荷重作用点間距離2000mmで固定－支持しているボールねじに軸方向最大荷重24000Nが圧縮としてかかる場合の軸径の求め方

1. 荷重作用点間距離2000mmからの垂線と固定－支持目盛の許容軸方向荷重24000Nから荷重作用点間距離に対し水平な線との交点を求める。
2. その交点より外側にある線の軸径40mm以上を選定します。

■許容回転速度

ボールねじの許容回転速度には、ナット内を循環するボールの回転速度の限界であるDmN値と回転軸における危険速度を適用しています。回転速度に対する最適軸径を選定するために許容回転速度線図を図8に示します。

- (1) 斜線は危険速度より求めた許容回転速度です。ねじ軸の支持方法によりそれぞれの目盛を読んでください。
- (2) 支持間距離に対し水平な線は回転速度の限界としてのDmN値より求めた許容回転速度で支持-支持の目盛で読んでください。
- (3) 支持間距離に対し垂直な線は、標準的作業で製作し得るねじ軸長さを示します。(F-3ページ、表6参照)

●DmN値

- ◇GR、DR、GE/GG、GP、DP、HGシリーズの場合
DmN ≤ 70000 ③
- ◇GY、GWシリーズの場合
DmN ≤ 50000 ③
- ◇FR、FE/FGシリーズの場合
DmN ≤ 135000

ただし

Dm : ねじ軸外径 (mm) + A 値 (mm)

N : 最高回転速度 (min⁻¹)

N (max) ≤ 5000

ボール径	A 値
0.8000	0.24
1.0000	0.30
1.2000	0.30
1.5875	0.30
2.0000	0.40
2.3812	0.60
2.7780	0.60
3.1750	0.80
3.9688	0.80
4.7625	1.00
6.3500	1.80
7.1438	2.00
7.9375	2.00
9.5250	2.40

注) 上記のDmN値またはN (max) 5000を超える場合は、KURODAまでお問合せください。

●危険速度 : N_c

$$N_c = f_s \frac{60\lambda^2}{2\pi\ell^2} \sqrt{\frac{E\ell \times 10^3}{\gamma A}} \quad (\text{min}^{-1}) \quad \text{..... ④}$$

ただし

ℓ : 支持間距離 (mm)

f_s : 安全係数 (0.8)

E : ヤング率 (2.06 × 10⁵ N/mm²)

I : ねじ軸谷径断面の最小二次モーメント (mm⁴)

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

d : ねじ軸谷径 (mm) 各形状寸法表参照

γ : 密度 (7.8 × 10⁻⁶ kg/mm³)

A : ねじ軸谷径断面積 (mm²)

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

λ : ボールねじの支持方法で定まる係数

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

ボールねじの回転速度とねじ軸の持つ固有振動数との共振現象は回転系の支持間距離 l における軸の自重によるたわみの不釣り合いから起こるもので、固有振動数に対応する危険速度はその振動の振幅を増大させます。

実際のボールねじの使用においては、ナットが移動軸受の役目をはたすため支持間距離 l は常に変化し、軸のたわみも変化するため式④における危険速度は一過性のものであり安全性をみた許容回転速度として考慮してください。

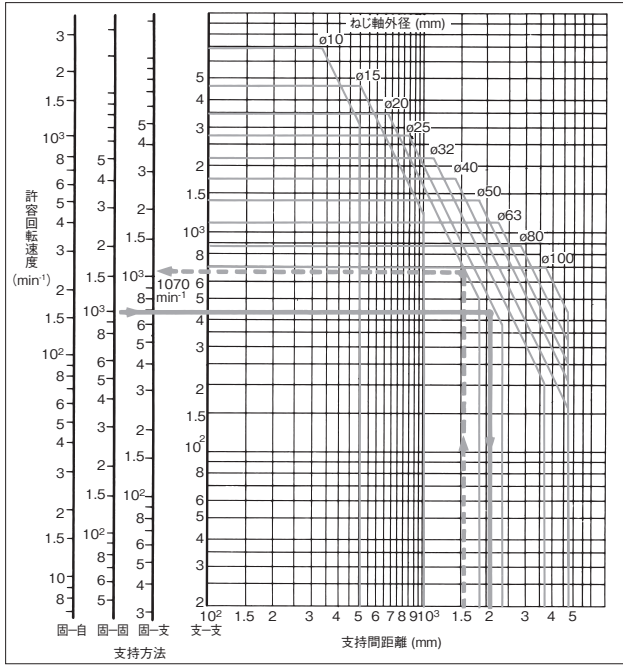


図8 許容回転速度線図

例1. 許容回転速度の求め方
ねじ軸外径20mmのボールねじを支持間距離1500mmで固定—支持したときの許容回転速度の求め方

1. 支持間距離1500mmの垂線とねじ軸外径20mmの線との交点を求める。
2. その交点の固定—支持における許容回転速度目盛の読み1076min⁻¹が許容最高回転速度となります。

例2. 軸径の求め方
支持間距離2000mmで固定—固定したときに最高回転速度1000min⁻¹を満足する軸径の求め方

1. 支持間距離2000mmの垂線と固定—固定目盛の許容回転速度1000min⁻¹の水平な線との交点を求める。
2. その交点より外側にある線の軸径25mmが最高回転速度1000min⁻¹を満足する軸径となります。

寿命設計

●ボールねじの寿命

ボールねじの寿命とはボール転動面、あるいはボールのいずれかに繰返し応力による疲労のためハクリ現象が生じ始めるまでの総回転数をいいます。ボールねじの寿命は基本動定格荷重から求めることができます。

■寿命時間

ボールねじに要求される寿命時間は次式で示されます。

$$L_h = \frac{10^6}{60N_m} \left(\frac{C}{P_m f_w} \right)^3 \quad (\text{時間}) \quad \dots\dots\dots ⑤$$

ただし
 L_h : 寿命時間 (時間)
 C : 基本動定格荷重 (N) 各形状寸法表参照
 P_m : 軸方向平均荷重 (N)
 N_m : 平均回転速度 (min^{-1})
 f_w : 運転係数
 衝撃のない静かな運転 $f_w = 1.0 \sim 1.2$
 ふつうの運転 $f_w = 1.2 \sim 1.5$
 衝撃を伴う運転 $f_w = 1.5 \sim 2.0$

設定した寿命時間を満足する基本動定格荷重を求める場合は次式で表わされます。

$$C = \left(\frac{60L_h N_m}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} P_m f_w \quad (\text{N})$$

寿命時間は必要以上に長くすると、ボールねじの寸法が大きくなるばかりでなく、価格も高くなります。一般的には次に示す寿命時間を目安としてください。

工作機械	20000時間
産業機械	10000時間
自動制御機器	15000時間
計測装置	15000時間

●基本静定格荷重： C_0

基本静定格荷重 (C_0) とは、ある大きさの静止荷重により生じる鋼球とねじ溝面の永久変形量の和が鋼球径の0.0001倍になるような軸方向荷重をいいます。この永久変形量では多くの場合使用上に支障はありませんが、高精度を維持したい場合や非常に円滑な回転を要求する場合には、静止荷重より十分上回る C_0 値を持つボールねじを選択してください。基本静定格荷重は各形状寸法表を参照してください。

●基本動定格荷重： C

基本動定格荷重 (C) とは一群の同じボールねじを運転した時にそのうちの90%がハクリを起こさずに回転できる寿命が100万回転 (10^6 回転) になるような軸方向荷重をいいます。基本動定格荷重は各形状寸法表を参照してください。

●軸方向平均荷重 P_m と平均回転速度 N_m

使用の目的に合ったボールねじを選定するために次の数値を決定してください。これらの使用条件を正確に求めることは非常にむずかしいと思われそうですが、寿命は荷重の大きさに3乗で反比例しますのでできるだけ正確に求めると選択範囲が広がります。

$$(t_1 + t_2 + t_3 = 100\%)$$

軸方向荷重	回転速度	使用時間割合
P_1 (N (最大))	$N_1 \text{min}^{-1}$	$t_1\%$
P_2 (N (常用))	$N_2 \text{min}^{-1}$	$t_2\%$
P_3 (N (最小))	$N_3 \text{min}^{-1}$	$t_3\%$

工作機械の場合で考えれば最大荷重 (P_1) は「最も重切削を行うときの荷重」常用荷重 (P_2) は「一般的な切削状態の荷重」最小荷重 (P_3) は「切削前の切削工具の早送り、終了後の早戻しのときの荷重」となります。以上の数値から軸方向平均荷重 (P_m)、平均回転速度 (N_m) は次式により求められます。

$$P_m = \left(\frac{P_1^3 N_1 t_1 + P_2^3 N_2 t_2 + P_3^3 N_3 t_3}{N_1 t_1 + N_2 t_2 + N_3 t_3} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{N}) \quad \dots\dots ⑥$$

$$N_m = \frac{N_1 t_1 + N_2 t_2 + N_3 t_3}{t_1 + t_2 + t_3} \quad (\text{min}^{-1}) \quad \dots\dots ⑦$$

軸方向最大荷重 (P_1) と軸方向最小荷重 (P_3) の差があまりない場合、また荷重がほぼ直線的に変化する場合は次の式により近似値を求めることができます。

$$P_m \doteq \frac{2P_1 + P_3}{3} \quad (\text{N}) \quad \dots\dots\dots ⑧$$

■硬さと寿命

耐食性などの要求により特殊材料を使用し、ねじ溝面の硬さを58～62HRCに焼入硬化できない場合は、基本動定格荷重、基本静定格荷重が硬さの低下にしたがい減少します。硬さ低下があるときの基本動定格荷重 C' 、基本静定格荷重 C_o' は硬さ係数をそれぞれ f_H 、 f_H' とすれば次式で示されます。

$$C' = f_H C \quad (N) \quad \text{⑩}$$

$$C_o' = f_H' C_o \quad (N) \quad \text{⑪}$$

表19 硬さ係数

硬さHRC	58以上	56	54	52	50	40	30	20	10
f_H	1.0	0.88	0.72	0.58	0.47	0.27	0.16	0.10	0.07
f_H'	1.0	0.83	0.61	0.45	0.32	0.14	0.07	0.03	0.02

■温度と寿命

標準材料 (A-6、表1参照) でのボールねじを常時100℃以上で使用する場合または短時間でも非常に高温で使用する場合には材料の組織が変化し基本動定格荷重、基本静定格荷重が、温度の上昇にしたがい減少します。ただし100℃までの運転温度では影響を受けません。100℃以上で使用する場合の基本動定格荷重 C'' 、基本静定格荷重 C_o'' は温度係数をそれぞれ f_t 、 f_t' とすれば次式で示されます。

$$C'' = f_t C \quad (N) \quad \text{⑫}$$

$$C_o'' = f_t' C_o \quad (N) \quad \text{⑬}$$

表20 温度係数

温度℃	100以下	125	150	175	200
f_t	1.0	0.95	0.90	0.85	0.75
f_t'	1.0	0.93	0.85	0.78	0.65

精度設計

機械装置の最適設計を行なうに当っては要求される機能、性能と経済性を十分考慮し、送りねじ系の剛性、位置決め精度、駆動トルクの検討が必要となります。

■送りねじ系の剛性

精密機械、装置における位置決め精度、制御時の応答性などを向上させるためには送りねじ系各要素の剛性を考慮する必要があります。送りねじ系の剛性 (K) は次式で示されます。

$$K = \frac{P}{\delta} \quad (\text{N}/\mu\text{m}) \quad \text{.....} \quad (14)$$

ただし

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)

また送りねじ系の剛性と各構成要素の剛性との間には次に示す関係があります。

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_\ell} + \frac{1}{K_n} + \frac{1}{K_b} + \frac{1}{K_h} \quad \text{.....} \quad (15)$$

ただし

K_ℓ : ねじ軸の引張、圧縮剛性

K_n : ナットの剛性

K_b : 支持軸受の剛性

K_h : ナット取付部および軸受取付部の剛性

●ねじ軸の引張、圧縮剛性 : K_ℓ

$$K_\ell = \frac{P}{\delta_\ell} \quad (\text{N}/\mu\text{m}) \quad \text{.....} \quad (16)$$

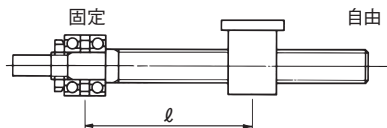
ただし

P : 軸方向荷重 (N)

δ_ℓ : ねじ軸の伸びまたは縮み量 (μm)

ねじ軸に軸方向外部荷重が加わった場合の軸方向の伸びと縮みは次式で示されます。この軸方向の伸び縮みは直接ボールねじのバックラッシュとして現れます。

1. 固定-自由 (支持方法) の場合



$$\delta_\ell = \frac{4P\ell}{E\pi d^2} \times 10^3 \quad (\mu\text{m}) \quad \text{.....} \quad (17)$$

ただし

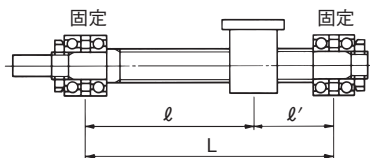
P : 軸方向荷重 (N)

E : ヤング率 ($2.06 \times 10^5 \text{N}/\text{mm}^2$)

d : ねじ軸谷径 (mm)

ℓ : 荷重作用点間距離 (mm)

2. 固定-固定 (支持方法) の場合



$$\delta_\ell = \frac{4P\ell\ell'}{E\pi d^2 L} \times 10^3 \quad (\mu\text{m}) \quad \text{.....} \quad (18)$$

ただし

P : 軸方向荷重 (N)

E : ヤング率 ($2.06 \times 10^5 \text{N}/\text{mm}^2$)

d : ねじ軸谷径 (mm)

ℓ, ℓ' : 荷重作用点間距離 (mm)

L : 取付間距離 (mm)

⑱式は $\ell = \ell' = \frac{L}{2}$ のとき最大となります。

$$\left(\delta_\ell = \frac{PL}{E\pi d^2} \times 10^3 \right)$$

したがって固定-固定の場合のねじ軸の伸びと縮み量の最大値は固定-自由に比べ1/4倍になります。

●ナットの剛性： K_n

シングルナット（無予圧）の剛性： K_{ns}

ボールねじが軸方向荷重を受けると、鋼球とねじ溝面に変形を生じます。軸方向荷重（P）と軸方向弾性変位量（ δ_{ns} ）の関係は次式で示されます。

$$\delta_{ns} = \frac{2.6}{\sin \alpha} \left(\frac{Q^2}{D_b} \times 10^{-2} \right)^{\frac{1}{3}} K \quad (\mu\text{m}) \quad \text{⑰}$$

ただし
 α ：鋼球とねじ溝との接触角（45°）
 D_b ：鋼球径（mm）
 K ：精度、構造による係数（1.4～1.6）
 Q ：鋼球1個当りの荷重（N）

$$Q = \frac{P}{Z \sin \alpha}$$

P ：軸方向荷重（N）
 Z ：鋼球数

基本動定格荷重（C）の30%に当たる軸方向荷重が加わったときの弾性変位量から求めた剛性理論値 K_{ns} を各シリーズの形状寸法表に記載しています。

また、任意の軸方向荷重（P）に対する剛性値 K_{ns} は次式で示されます。

$$K_{ns} = K_{ns} \left(\frac{P}{0.3C} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{N}/\mu\text{m}) \quad \text{⑳}$$

ただし
 C ：基本動定格荷重（N）
 P ：軸方向荷重（N）

また⑰式の δ_{ns} はシングルナットの剛性値 K_{ns} および基本動定格荷重（C）を用いて次式で示されます。

$$\delta_{ns} = \frac{(0.3C)^{\frac{3}{2}} P^{\frac{2}{3}}}{K_{ns}} \quad (\mu\text{m}) \quad \text{㉑}$$

ただし
 K_{ns} ：シングルナットの剛性理論値（N/μm）
 各シリーズのページを参照
 C ：基本動定格荷重（N）
 P ：軸方向荷重（N）

予圧ナットの剛性： K_{nw}

基本動定格荷重（C）の1/15の予圧を与え、その予圧量の約3倍以下の軸方向荷重が加わったときの弾性変位量から求めた剛性理論値 K_{nw} を各シリーズの形状寸法表に記載しています。算出にあたってはナット剛性を含めた剛性試験結果を基に実用的な値として載せてあります。また、任意の予圧量に対する剛性値 K_{nw} は次式で求められます。

$$K_{nw} = K_{nw} \left(\frac{P_L}{\frac{1}{15}C} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{N}/\mu\text{m}) \quad \text{㉒}$$

ただし
 P_L ：予圧荷重（N）
 C ：基本動定格荷重（N）

バックラッシュと予圧

ボールねじのバックラッシュは軸方向すきまと軸方向荷重による鋼球とねじ溝接触点の弾性変位量の和となります。軸方向弾性変位量は適正な予圧を設定することによって著しく減少し剛性を高めることができます。

ダブルナットによる予圧効果

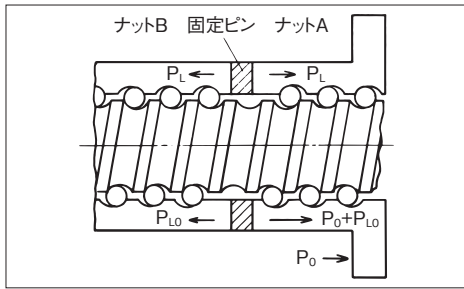


図9 ダブルナットによる予圧

図9、10において、ナットA、Bは予圧荷重 P_L によって δ_{nw0} だけ互に弾性変位している状態を表わしています。ナットAに外部荷重 P_0 が作用したときのナットA、Bの弾性変位は、

$$\delta_{nwA} = \delta_{nw0} + \delta_{nw1}$$

$$\delta_{nwB} = \delta_{nw0} - \delta_{nw1}$$

またナットA、Bにかかっている荷重は

$$P_A = P_L + P_0 - P_0' = P_0 + P_{L0}$$

$$P_B = P_L - P_0' = P_{L0}$$

したがって外部荷重 P_0 はナットBの変位減少により P_0' だけ吸収され、ナットAの弾性変位が小さくなります。この効果はナットBの弾性変位 δ_{nwB} がゼロすなわち外部荷重による弾性変位が δ_{nw0} となりナットBの予圧がすべて解放されるまで働きます。

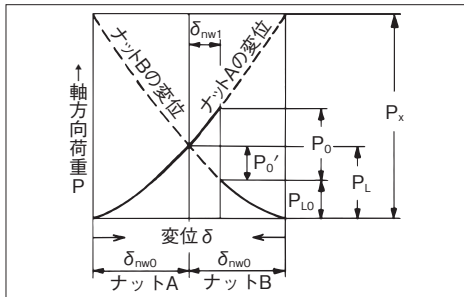


図10 予圧線図

適正予圧量

ヘルツの点接触理論から軸方向弾性変位量(δ_{nw0})は軸方向荷重(P)の2/3乗に比例しますから、予圧荷重による弾性変位は、

$$\delta_{nw0} = C \cdot P_L^{\frac{2}{3}}$$

一方の予圧がすべて解放されたときの外部荷重による弾性変位は、

$$2\delta_{nw0} = C \cdot P_x^{\frac{2}{3}}$$

$$\text{二式より} \left(\frac{P_x}{P_L} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{2\delta_{nw0}}{\delta_{nw0}} = 2$$

よって予圧解放荷重は

$$P_x = 2.8P_L \doteq 3P_L \dots\dots\dots \text{㉓}$$

ただし

P_x : 予圧解放荷重 (N)

(一方のナットの予圧がゼロに戻ったときの軸方向外部荷重)

P_L : 予圧荷重 (N)

式㉓に示すように

予圧の効果は予圧荷重の約3倍までありますので、予圧量は、一般に軸方向最大荷重の1/3倍をとります。一方寿命および効率の面から基本動定格荷重の1/20~1/10倍に取ることが標準的です。

予圧量区分

	軽予圧	普通予圧	中予圧	重予圧
予圧量	$\frac{1}{20}C$ 以下	$\frac{1}{20} \sim \frac{1}{15}C$	$\frac{1}{15} \sim \frac{1}{10}C$	$\frac{1}{10}C$ 以上

C: 基本動定格荷重 (N)

予圧ナットの弾性変位曲線

図11はシングルナット(無予圧)と予圧ナットの弾性変位曲線です。予圧ナットの弾性変位量は、予圧荷重 P_L の3倍の軸方向荷重 P_x がかかったとき、シングルナット(無予圧)の1/2となります。

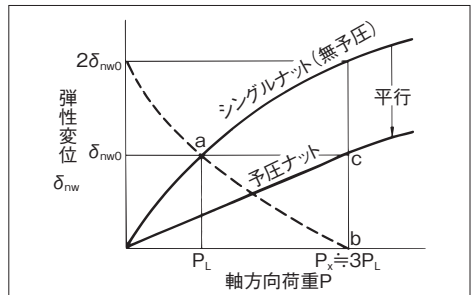


図11 ナットの弾性変位曲線

ダブルナットの予圧方法

予圧は普通2個のナットを互いに張合う状態の引張り予圧と互いのナットをボルトで締付ける状態の圧縮予圧の2通りがあります。

KURODA精密ボールねじは特に指定のない限り引張り予圧を採用しています。

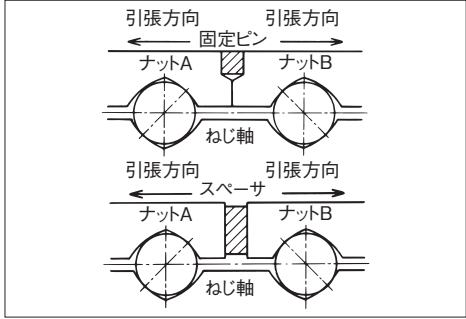


図12 引張り予圧

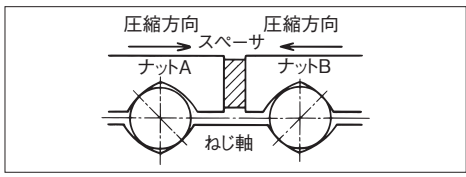


図13 圧縮予圧

●ピン方式予圧 (KURODA標準仕様)

必要な予圧に調整した2つのナットの間にピンを入れ所定予圧を保持する方式で引張り予圧となり、最も簡単で確実な方法です。

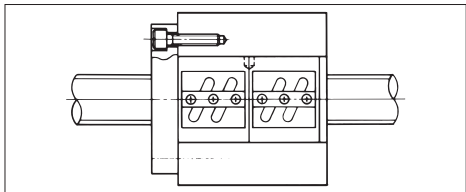


図14 ピン方式予圧 (I)

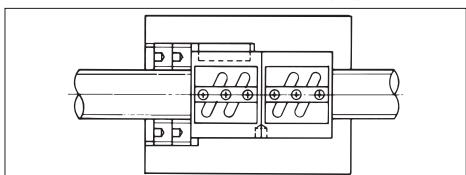


図15 ピン方式予圧 (II)

●スペーサ方式予圧

2つのナットの間に入れるスペーサの厚さによって予圧量を調整する方式で引張り予圧と圧縮予圧の2種類があります。

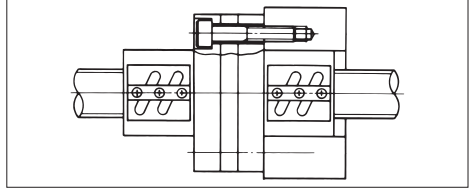


図16 スペーサ方式予圧 (I)

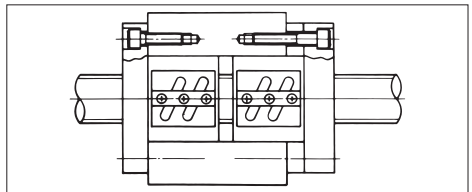


図17 スペーサ方式予圧 (II)

インテグラルナットの予圧方法

1つのナットで予圧を与える方式で、ナットの中央位置で予圧量だけリードをずらし予圧を与えます。

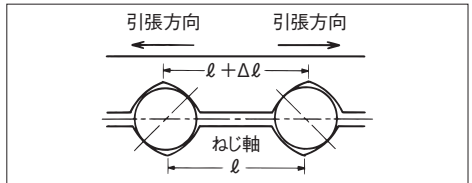


図18 インテグラルナットの予圧

シングルナットの予圧方法

1つのナットで予圧を与える方式で、ねじ軸とナットのねじ溝にオーバーサイズの鋼球を組込み予圧を与えます。

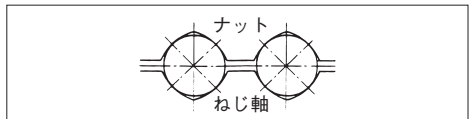


図19 シングルナットの予圧

●支持軸受の剛性： K_b

予圧荷重 (P_L) をかけた軸受の剛性は次式で示されます。

●玉軸受の剛性

$$K_b = \frac{2.83P_L}{\delta_b} \text{ (N/}\mu\text{m)} \dots\dots\dots (24)$$

ただし

P_L : 予圧荷重 (N)

δ_b : 予圧荷重に対する軸方向弾性変位量 (μm)

アンギュラ玉軸受の軸方向弾性変位量は

$$\delta_b = \frac{2}{\sin \alpha} \left(\frac{Q^2}{D_b} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ (}\mu\text{m)} \dots\dots\dots (25)$$

$$Q = \frac{P}{Z \sin \alpha}$$

スラスト玉軸受の軸方向弾性変位量は

$$\delta_b = 2.4 \left(\frac{Q^2}{D_b} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ (}\mu\text{m)} \dots\dots\dots (26)$$

$$Q = \frac{P}{Z}$$

ただし

δ_b : 軸方向弾性変位量 (μm)

α : 接触角

D_b : 鋼球径 (mm)

Q : 鋼球 1 個当りの荷重 (N)

Z : 鋼球数

P : 軸方向荷重 (N)

●ころ軸受の剛性

$$K_b = \frac{2.16P_L}{\delta_b} \text{ (N/}\mu\text{m)} \dots\dots\dots (27)$$

ただし

P_L : 予圧荷重 (N)

δ_b : 予圧荷重に対する軸方向弾性変位量 (μm)

円すいころ軸受の軸方向弾性変位量は

$$\delta_b = \frac{0.6}{\sin \alpha} \cdot \frac{Q^{0.9}}{\ell^{0.8}} \text{ (}\mu\text{m)} \dots\dots\dots (28)$$

$$Q = \frac{P}{Z \sin \alpha}$$

ただし

δ_b : 軸方向弾性変位量 (μm)

α : 接触角

Q : ころ 1 個当りの荷重 (N)

Z : ころの数

P : 軸方向荷重 (N)

ℓ : ころの有効の接触長さ (mm)

●ナット取付部および軸受取付部の剛性： K_n

設計に際してはナットブラケット、軸受箱の剛性を高めるために肉厚、取付面よりボールねじ軸心までの距離を十分考慮してください。またナットの取付ボルトの引張歪が無視できない場合は、F-18ページ、図17に示す取付方法を選んでください。

●ねじ軸のねじり剛性

ねじ軸はねじりモーメント（駆動トルク）によって軸線のまわりにねじられ回転変位を起こします。このねじれ量はボールねじの軸方向変形量として次式で示されます。

$$\delta_T = \ell \theta \frac{L}{2\pi} \dots\dots\dots (29)$$

$$\theta = \frac{32T}{\pi d^4 G} \dots\dots\dots (30)$$

ただし

δ_T : ねじれによる軸方向変形量 (cm)

ℓ : 作用点間距離 (cm)

θ : ねじれ度 (rad/cm)

L : ボールねじのリード (cm)

T : ねじりモーメント (N·cm)

d : ねじ軸の谷径 (cm)

G : 横弾性係数 ($83 \times 10^5 \text{N/cm}^2$)

駆動軸においてねじれ度が過大であると駆動機構の各部に不都合を起こし軸系のねじり振動の原因にもなります。一般の駆動軸では使用最大ねじりモーメントによるねじれ度を 4.36×10^{-5} (rad/cm) 以内にとります。

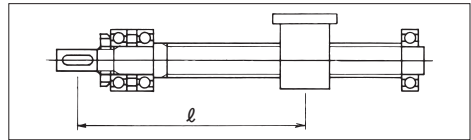


図20

■位置決め精度に関する留意点

位置決め精度に重要な影響を及ぼす精度等級の選定、累積基準リードの決め方、熱変位対策について延べます。

●機種別精度等級選定の目安

要求される位置決め精度に見合ったボールねじの精度等級をF-3ページの表2と表3から選んでください。**KURODA**は豊富な実績に基づいて、下表のような目安での選定を推奨します。

表21 ボールねじの機種別精度等級例

機種	NC工作機械									産業用ロボット			半導体関連装置				印刷関連		事務機器	
	マシニングセンター	フライス盤	旋盤	研削盤	放電加工機	パンチングプレス	木工(NCルーター)機	直交座標(組立型)	垂直多関節(組立型)	スカラ	露光装置	描画装置	エッチング装置	ワイヤボンダ	ダイバロバー	電子部品挿入装置	電子色分解装置	電子組版機	プリンター	自動製図機
精度等級	C1 C3	C2 C5	C1 C3	C3 C5	C0 C2	C1 C3	C1 C3	C2 C5	C3 C5	C0 C1	C3 C7	C1 C2	C0 C2	C2 C7	C0 C2	C1 C3	C1 C3	C1 C3	C1 C3	

●累積基準リードの決め方

一般に、ボールねじの基準リードは、呼びリードと同じですが、運転時の温度上昇による伸びや、外部荷重によるねじ軸の伸縮を補正する場合には、ねじ軸の基準リードをマイナス側またはプラス側に設定することがあります。このような場合には、累積リードの目標値をご指示ください。一例として、下表に機種別累積リードの目標値を示します。伸びを補正する使い方としては、取付に際してねじ軸に予張力を与えることがあります。

表22 機種別累積リードの目標値

(単位: mm)

機種	軸	累計リードの目標値 (1m当り)
NC旋盤	X	-0.02~-0.05
	Z	-0.02~-0.03
マシニングセンター	X, Y	-0.03~-0.04

●熱変位対策

ボールねじは、その構造上、微小すべりともなうころがり運動であり温度上昇による熱変位は避けられません。また温度上昇は使用条件により影響を受けます。熱変位の大きさは次式で示されます。

$$\Delta l = \rho t l \quad (\text{mm}) \dots\dots\dots \textcircled{31}$$

ただし
 Δl : 軸方向熱変位量 (mm)
 ρ : 熱膨張係数 ($11.7 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$)
 t : ねじ軸の温度上昇 ($^\circ\text{C}$)
 l : ねじ部有効長さ (mm)

駆動トルク

ボールねじの摩擦特性と駆動モータの選定

■摩擦と効率

ボールねじの効率 η はねじの力学的モデルの解析により摩擦係数を μ 、ねじのリード角を β とすると次式で示されます。

●回転力を軸方向力に変換する場合(正作動)

$$\eta = \frac{1 - \mu \tan \beta}{1 + \mu / \tan \beta} \dots\dots\dots (32)$$

●軸方向力を回転力に変換する場合(逆作動)

$$\eta' = \frac{1 - \mu / \tan \beta}{1 + \mu \tan \beta} \dots\dots\dots (33)$$

■負荷トルク

駆動源設計(モータ等)に必要な負荷トルク(定速駆動トルク)は次のようになります。

●正作動

回転力を軸方向力に変換する場合のトルク

$$T = \frac{PL}{2\pi\eta} \text{ (N}\cdot\text{cm)} \dots\dots\dots (34)$$

ただし

- T : 負荷トルク (N·cm)
- P : 軸方向外部荷重 (N)
- L : ボールねじのリード (cm)
- η : ボールねじの効率 (0.9)

●逆作動

軸方向力を回転力に変換する場合の軸方向外部荷重

$$P = \frac{2\pi T}{\eta' L} \text{ (N)} \dots\dots\dots (35)$$

ただし

- P : 軸方向外部荷重 (N)
- T : 負荷トルク (N·cm)
- L : ボールねじのリード (cm)
- η' : ボールねじの効率 (0.9)

●予圧に起因する摩擦トルク

予圧をかけることにより生ずるトルクで、外部荷重の増加にしたがい予圧ナットの予圧荷重は解放され、予圧による摩擦トルクも減少します。

無負荷の場合

$$T_p = K \frac{P_L}{2\pi} \text{ (N}\cdot\text{cm)} \dots\dots\dots (36)$$

$$K = 0.05 (\tan \beta)^{-\frac{1}{2}}$$

ただし

- P_L : 予圧荷重 (N)
- L : ボールねじのリード (cm)
- K : 内部摩擦係数
- β : リード角

$$\beta \doteq \tan^{-1} \left(\frac{L}{\pi D} \right)$$

D : ねじ軸外径 (cm)

■駆動モータの選定

駆動モータを選定する場合次の条件を満足する必要があります。

1. モータの出力軸にかかる負荷トルクに対して余裕があること。
2. モータの出力軸にかかる慣性モーメントに対して所要のパルス速度で起動・停止ができること。
3. モータの出力軸にかかる慣性モーメントに対して所要の加速、減速時定数が得られること。

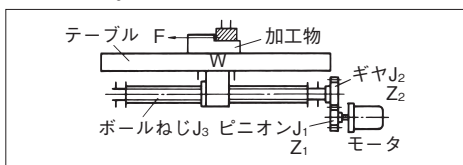


図21

●モータ出力軸にかかる定速トルク

外部荷重に抗して定速駆動するのに必要なトルク。

$$T_1 = \left(\frac{PL}{2\pi\eta} + T_P \frac{(3P_L - P)}{3P_L} \right) \frac{Z_1}{Z_2} \quad (\text{N}\cdot\text{cm}) \quad \text{③7}$$

ただし $P \leq 3P_L$
 T_1 : 定速時の駆動トルク (N·cm)
 P : 軸方向外部荷重 (N)
 $P = F + \mu Mg$
 F : 切削力によるスラスト反力 (N)
 M : テーブルおよびワークの質量 (kg)
 μ : 摺動面の摩擦係数
 g : 重力加速度 (9.8m/s²)
 L : ボールねじのリード (cm)
 η : ボールねじ、ギヤを含めた機械効率
 T_P : 予圧に起因する摩擦トルク (N·cm)
 式②⑥参照
 P_L : 予圧荷重 (N)
 Z_1 : ピニオンの歯数
 Z_2 : ギヤの歯数

●モータ出力軸にかかる加速トルク

外部荷重に抗して加速駆動するのに必要なトルク。

$$T_2 = J_M \dot{\omega} = J_M \times \frac{2\pi N}{60t} \times 10^{-2} \quad (\text{N}\cdot\text{cm}) \quad \text{③8}$$

$$J_M = J_1 + J_4 + \left(\frac{Z_1}{Z_2} \right)^2 (J_2 + J_3 + J_5 + J_6) \quad (\text{kg}\cdot\text{cm}^2) \quad \text{③9}$$

ただし
 T_2 : 加速時の駆動トルク (N·cm)
 $\dot{\omega}$: モータ軸角加速度 (rad/s²)
 N : モータ軸回転速度 (min⁻¹)
 t : 加速時間 (S)
 J_M : モータにかかる慣性モーメント (kg·cm²)
 J_1 : ピニオンの慣性モーメント (kg·cm²)
 J_2 : ギヤの慣性モーメント (kg·cm²)
 J_3 : ボールのねじ慣性モーメント (kg·cm²)
 J_4 : モータのロータ慣性モーメント (kg·cm²)
 J_5 : 移動体の慣性モーメント (kg·cm²)
 J_6 : カップリングの慣性モーメント (kg·cm²)
 M : テーブルと加工物の質量 (kg)
 L : ボールねじのリード (cm)
 ボールねじ、ギヤなど円筒体の慣性モーメント ($J_1 \sim J_4, J_6$ の算出)
 $J = -\frac{\pi\gamma}{32} D^4 \ell \quad (\text{kg}\cdot\text{cm}^2) \quad \text{④0}$
 ④0
 ④1
 $J_5 = M \left(\frac{L}{2\pi} \right)^2 \quad (\text{kg}\cdot\text{cm}^2) \quad \text{④1}$

●モータ出力軸にかかる総トルク

総トルクは③7、③8の和で求められます。

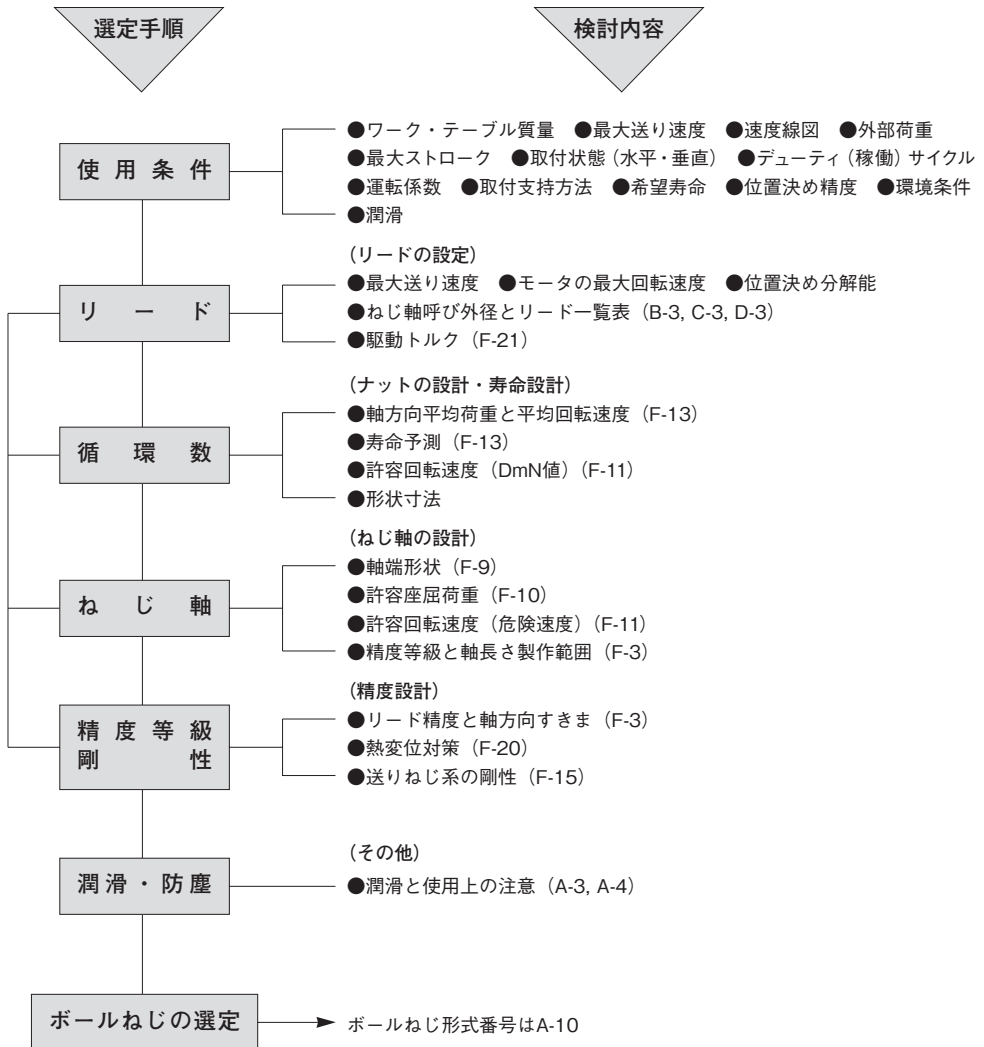
$$T_M = T_1 + T_2 \quad (\text{N}\cdot\text{cm}) \quad \text{④2}$$

ただし
 T_M : モータ出力軸にかかる総トルク (N·cm)
 T_1 : 定速時の駆動トルク (N·cm)
 T_2 : 加速時の駆動トルク (N·cm)

尚モータの仮選定後、①トルク実効値のチェック ②加速時定数のチェック ③過負荷特性、起動・停止のくり返しに対するモータ過熱許容値のチェックをし余裕があることが必要です。

ボールねじ選定ガイド

ボールねじの選定は、前述までの基本的な検討事項に基づいていろいろな方向から互いに関連して試行錯誤しながら行なわれます。したがってその手順は一概に決めることはできませんが、一般的な手順の一例をそれぞれの項目に対する主な検討内容および参照ページも合わせて下記に示します。



■ボールねじの選定例

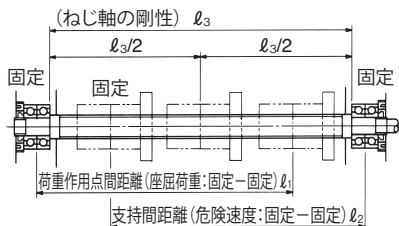
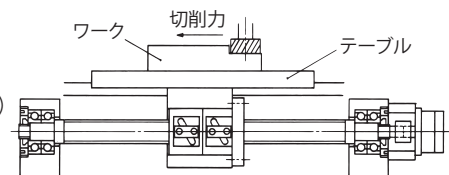
●工作機械

<仕様>

- ワークとテーブルの質量 $M=1300$ (kg)
- 最大ストローク $S_{max}=800$ (mm)
- 早送り速度 $V_{max}=12000$ (mm/min)
- 直動案内摩擦係数 $\mu=0.02$
- 負荷条件

区分	軸方向荷重 (N)	送り速度 (mm/min)	使用時間率 (%)
早送り	300	12000	25
常用切削	5000	600	55
重切削	9000	120	20

- 位置決め精度 $\pm 0.04/800$ (mm)
- 希望寿命 25000 (時間)
- 駆動モータ $N_{max}=2000$ (min^{-1})
- 軸端支持方法 固定-固定



1. リード (L) の設定

モータの最大回転速度と早送り速度より

$$L \geq \frac{V_{max}}{N_{max}} = 6 \text{ (mm)}$$

2. ナットの設計

所要基本動定格荷重と許容回転速度(DmN値)の検討

<リード6の場合>

負荷条件

区分	軸方向荷重 (N)	回転速度 (min^{-1})	使用時間率 (%)
早送り	300	2000	25
常用切削	5000	100	55
重切削	9000	20	20

負荷条件より軸方向平均荷重 (P_m)、平均回転速度 (N_m) を算出 (F-13) の⑥、⑦式すると、

$$P_m = 2600 \text{ (N)}$$

$$N_m = 559 \text{ (min}^{-1}\text{)}$$

所要基本動定格荷重 (C) の算出は、寿命時間 (L_n) 25000時間、運転係数 (f_w) 1.2 として (F-13) の⑤式の変形式を用いて

$$C = \left(\frac{60L_n N_m}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} P_m f_w = 29420 \text{ (N)}$$

適合するサイズで最も小径のものは (C-43) より [外径36、リード6、循環数2.5巻3列] となります。

次に許容回転速度としてDmN値 (F-11) の③式を見ると、許容値 $DmN \leq 70000$ に対しDmN

$= 36.8 \times 2000 = 73600$ となり、許容値をオーバーしているので本サイズは不適合となります。したがってリードを8に上げ、最大回転速度を下げ再度検討します。

<リード8の場合>

負荷条件

区分	軸方向荷重 (N)	回転速度 (min^{-1})	使用時間率 (%)
早送り	300	1500	25
常用切削	5000	75	55
重切削	9000	15	20

リード6の場合と同様にして所要基本動定格荷重 (C) を算出すると、

$$P_m = 2600 \text{ (N)}$$

$$N_m = 419 \text{ (min}^{-1}\text{)}$$

$$C = 26720 \text{ (N)}$$

適合するサイズで最も小径のものは (C-41) より [外径32、リード8、循環数2.5巻2列] となります。

次にDmN値を見ると、 $DmN = 33 \times 1500 = 49500$ となり、許容値を満足します。本サイズで以下の検討を進めます。

3. ねじ軸の設計

ねじ軸全長 (l) および許容軸方向荷重 (P_0)、危険速度 (N_c) の検討

$$l = \text{最大ストローク} + \text{ナット長} + \text{余裕量} + \text{両端寸法}$$

$$= 800 + 145 + 80 + 175 = 1200 \text{ と仮定}$$

許容軸方向荷重は座屈荷重について検討し、

荷重作用点間距離 $l_1=930$ とし、F-10の①、②式より

$$P_0=141400 \text{ (N)}$$

となり、使用条件を十分満足します。

危険速度は支持間距離 $l_2=940$ とし、(F-11)の④式より

$$N_c=6940 \text{ (min}^{-1}\text{)}$$

となり、使用条件を十分満足します。

4. ボールねじの剛性

ねじ軸の剛性 (K_ℓ)

軸受の突き当て端面間の距離 $l_3=1005$ とし、軸方向変位が最大となる $l_3/2$ の位置で算出します。

(F-15)の⑯、⑰式より

$$K_\ell = \frac{E\pi d^2}{l_3} \times 10^{-3} = 50 \text{ (N/}\mu\text{m)}$$

E：ヤング率 ($2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$)

d：ねじ軸谷径 (mm)

ナットの剛性 (K_{nw})

最大軸方向荷重の1/3を予圧荷重 (P_L) として、任意の予圧量に対する剛性値 (F-16) の②式を用いて

$$\begin{aligned} K_{nw} &= K_{NW} \left(\frac{P_L}{\frac{1}{15}C} \right)^{\frac{1}{3}} \\ &= 590 \left(\frac{3000}{\frac{1}{15} \times 32300} \right)^{\frac{1}{3}} = 660 \text{ (N/}\mu\text{m)} \end{aligned}$$

以上の検討結果より、ナットの形式番号は (C-41) より GR3208ED-DALR とします。

5. 精度設計

累積代表リードの方向性は制御側で補正できるものとして、位置決め精度 $\pm 0.04/800$ と、(F-3) の変動許容値 (e_c) より精度等級 C5 ($e_c = \pm 0.025$) を選定します。

6. ボールねじ選定結果

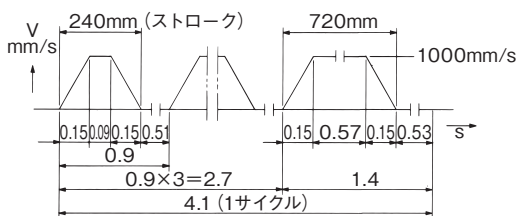
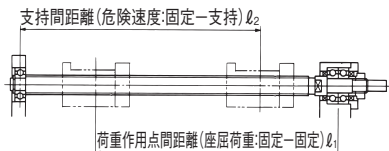
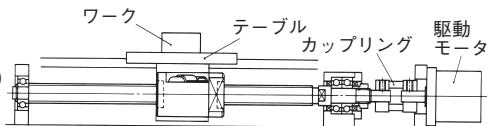
選定ボールねじの形式番号は (C-41) より GR3208ED-DALR-1200X0985-C5S となります。

■ボールねじの選定例

●直交形ロケットX軸

<仕様>

- ワークとテーブルの質量 $M=50$ (kg)
- 最大ストローク $S_{max}=720$ (mm)
- 早送り速度 $V_{max}=1000$ (mm/s)
- 加減速時定数 $t=0.15$ (S)
- 位置決め精度 $\pm 0.1/720$ (mm)
- 繰返し精度 ± 0.01 (mm)
- 希望寿命 $L_h=30000$ (時間)
- 直動案内摩擦係数 $\mu=0.02$
- 駆動モータ $N_{max}=3000$ (min^{-1})
- デューティサイクルモデル線図



1. リード (L) の設定

モータの最大回転速度と早送り速度より

$$L \geq \frac{V_{max} \times 60}{N_{max}} = 20 \text{ (mm)}$$

2. ナットの設計

所要基本動定格荷重と許容回転速度(DmN値)の検討各動作パターンに於ける軸方向荷重の算出

① 加速時

$$\text{加速度}(a) = \frac{V_{max}}{t} \times 10^{-3} = 6.67 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$\text{軸方向荷重}(P_a) = (Ma + \mu Mg) = 343 \text{ (N)}$$

(g : 重力加速度 9.8 m/s^2)

② 定速時

$$\text{軸方向荷重}(P_b) = \mu Mg = 10 \text{ (N)}$$

③ 減速時

$$\text{軸方向荷重}(P_c) = (Ma - \mu Mg) = 324 \text{ (N)}$$

各動作パターンの1サイクル中の使用時間 (s)

動作パターン	①	②	③	総使用時間
使用時間	0.6	0.84	0.6	2.04

リード20のときの負荷条件

動作パターン	①	②	③
軸方向荷重	343N	10N	324N
回転速度	1500 min^{-1}	3000 min^{-1}	1500 min^{-1}
使用時間率	29.4%	41.2%	29.4%

負荷条件より軸方向平均荷重 (P_m)、平均回転速度 (N_m)を算出 (F-13) の⑥、⑦式すると、

$$P_m = 249 \text{ (N)}$$

$$N_m = 2118 \text{ (min}^{-1}\text{)}$$

所要基本動定格荷重 (C) の算出

希望寿命より休止時間を除く正味運転寿命時間 (L_{ho}) は

$$L_{ho} = 30000 \left(\frac{2.04}{4.1} \right) = 14927 \text{ (時間)}$$

運転係数 $f_w = 1.2$ として (F-13) の⑤式の変形式を用いて

$$C = \left(\frac{60 L_{ho} N_m}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} \times P_m \times f_w = 3700 \text{ (N)}$$

適合するサイズを在庫ボールねじGE、GGシリーズ (B-78、B-79) より選定すると、

外径15、リード20、循環数1.5巻1列) となります。

次に許容回転速度としてDmN値 (F-11) の③式を見ると、許容値 $DmN \leq 70000$ 以下に対し $DmN = 15.8 \times 3000 = 47400$ となり、許容値

内にあり本サイズで以下の検討を進めます。

3. ねじ軸の設計

ねじ軸全長 (l) および危険速度 (N_c)、座屈荷重 (P_k) の検討

$$l = \text{最大ストローク} + \text{ナット長} + \text{余裕量} + \text{両端末寸法} \\ = 720 + 62 + 60 + 78 = 920 \text{ (mm)}$$

許容軸方向荷重は座屈荷重について検討し、荷重作用点間距離 $l_1 = 820$ とし、(F-10) の①、②式より

$$P_k = 7220 \text{ (N)}$$

となり、使用条件を十分満足します。

危険速度は支持間距離 $l_2 = 790$ とし、(F-11) の④式 (固定-支持) より

$$N_c = 3024 \text{ (min}^{-1}\text{)}$$

となり、使用条件を満足します。

4. 精度設計

精度等級と軸方向すきまの検討

リード精度の許容値 (F-3) より位置決め精度 $\pm 0.1/750\text{mm}$ を満足する等級は、精度等級 C5 (累積代表リード誤差 $\pm E_c = 0.035$ 変動 $e_c = 0.025$) となります。

軸方向すきまは繰返し位置決め精度 ± 0.01 より 0.005 以下とします。

5. ボールねじおよびサポートユニットの選定結果

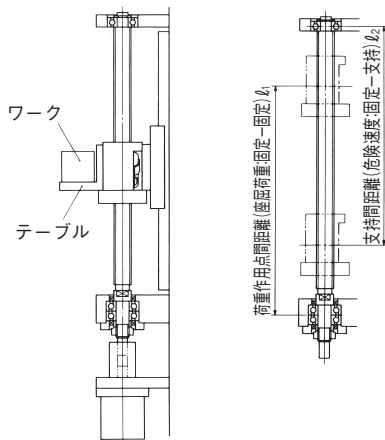
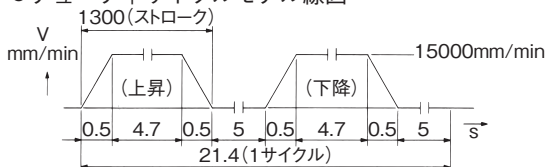
在庫ボールねじ軸端未加工品GGシリーズを追加工して製作するとして、形式番号は (B-78、B-79) より GG1520AS-BALR-1100A また適合するサポートユニットの形式番号は (E-16、E-17) より BUK-12 となります。

■ボールねじの選定例

●昇降装置

<仕様>

- ワークとテーブルの質量 $M=100$ (kg)
- 最大ストローク $S_{max}=1300$ (mm)
- 早送り速度 $V_{max}=15000$ (mm/min)
- 加減速時定数 $t=0.5$ (S)
- 繰返し精度 0.5 (mm)
- 希望寿命 $L_h=20000$ (時間)
- 直動案内摩擦係数 $\mu=0.02$
- 駆動モータ $N_{max}=1500$ (min^{-1})
- デューティサイクルモデル線図



1. リード (L) の設定

モータの最大回転速度と早送り速度より

$$L \geq \frac{V_{max}}{N_{max}} = 10$$

2. ナットの設計

所要基本動定格荷重と許容回転速度(DmN値)の検討各動作パターンに於ける軸方向荷重の算出

① 上昇加速時および下降減速時

$$\text{加速度 } a = \frac{V_{max}}{t \cdot 60} \times 10^{-3} = 0.5 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$\text{軸方向荷重 } P_a = (Ma + Mg) = 1030 \text{ (N)}$$

(g : 重力加速度 9.8 m/s^2)

② 定速時

$$\text{軸方向荷重 } P_b = Mg = 980 \text{ (N)}$$

③ 上昇減速時および下降加速時

$$\text{軸方向荷重 } P_c = (Mg - Ma) = 930 \text{ (N)}$$

各動作パターンの1サイクル中の使用時間 (s)

動作パターン	①	②	③	総使用時間
使用時間	1	9.4	1	11.4

リード10のときの負荷条件

動作パターン	①	②	③
軸方向荷重	1030N	980N	930N
回転速度	750 min^{-1}	1500 min^{-1}	750 min^{-1}
使用時間率	8.8%	82.4%	8.8%

負荷条件より軸方向平均荷重 (P_m)、平均回転

速度 (N_m)を算出 (F-13)の⑥、⑦式すると、

$$P_m = 980 \text{ (N)}$$

$$N_m = 1368 \text{ (min}^{-1}\text{)}$$

所要基本動定格荷重 (C)の算出

希望寿命より休止時間を除く正味運転時間 (L_{h0})は

$$L_{h0} = L_h \left(\frac{11.4}{21.4} \right) = 10654 \text{ (時間)}$$

運転係数は振動を伴う運転が予想されるので $f_w = 1.5$ とし、(F-13)の⑤式の変形式を用いて

$$C = \left(\frac{60 L_{h0} N_m}{10^6} \right)^{\frac{1}{3}} \times P_m \cdot f_w = 14057 \text{ (N)}$$

適合するナットサイズを繰返し精度0.5より転造ボールねじGYシリーズ (D-72、D-73)より選定すると、**外径25、リード10、循環数2.5巻2列**となります。

次に許容回転速度としてDmN値 (F-11)の③式を見ると許容値 $DmN \leq 50000$ に対し $DmN = 26.8 \times 1500 = 40200$ で許容値内にあり、本サイズで以下の検討を進めます。

3. ねじ軸の設計

ねじ軸全長 (l) の設定および許容軸方向荷重 (P_k)の検討

$$l = \text{最大ストローク} + \text{ナット長さ} + \text{余裕量} + \text{両端末寸法} \\ = 1300 + 92 + 60 + 118 = 1570 \text{ (mm)}$$

許容軸方向荷重は座屈荷重について検討し、

荷重作用点間距離 $l_1=1440$ として、(F-10) の

①、②式 (固定-固定より)

$$P_k=16290 \text{ (N)}$$

となり、使用条件を十分満足します。

危険速度は支持間距離 $\delta_2=1420$ として (F-11)

の④式 (固定-支持)より

$$N_c=1520 \text{ (min}^{-1}\text{)}$$

となり、使用条件を満足します。

4. ボールねじ選定結果

ボールねじは転造ボールねじGYシリーズを追加
工するとして、形式番号は (D-72、D-73) より

GY2510ES-HULR-2000Aとなります。

ボールねじ仕様データシート

日付		ご担当者	
貴社名			
担当部署		TEL・FAX	

ご使用条件

テーブル質量(重量)		テーブル最大速度	mm/sec
運動条件	<input type="checkbox"/> 軸回転 <input type="checkbox"/> ナット回転	潤滑	<input type="checkbox"/> グリース <input type="checkbox"/> 油
取付姿勢	<input type="checkbox"/> 水平 <input type="checkbox"/> 垂直 <input type="checkbox"/> その他(水平から 度)		
取付支持方法	<input type="checkbox"/> 固定-支持 <input type="checkbox"/> 固定-固定 <input type="checkbox"/> 固定-自由 <input type="checkbox"/> 支持-支持		
揺動運転	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 有り(ストローク mm)		
使用環境	温度(°C) <input type="checkbox"/> クリーンルーム <input type="checkbox"/> 真空 <input type="checkbox"/> その他()		
希望寿命時間	例: 8時間/日、240日/年、5年		

ボールねじ希望サイズ

ねじ軸外径		ねじれ方向		軸方向すきま		ねじ部長	
リード		循環数		精度等級		全長	
ナット形式	<input type="checkbox"/> シングルナット <input type="checkbox"/> ダブルナット <input type="checkbox"/> インテグラルナット						

運転状態

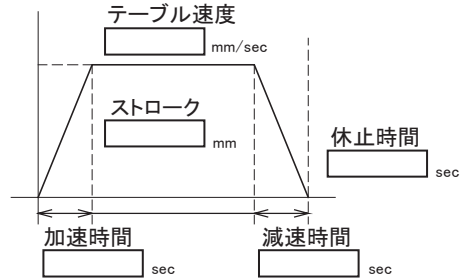
Aの場合

(プレス装置など軸方向荷重とテーブル速度が数段階に分けられる場合)

パターン数	軸方向荷重	テーブル速度	使用時間
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Bの場合

(搬送など速度のみ変化する場合、慣性力の影響が大きい場合など)



その他

摺動部案内の種類	<input type="checkbox"/> ころがり(型番:) <input type="checkbox"/> すべり
使用モータ名	
ボールねじ使用量	例: 1本/ヘッド、4本/台
チェンジコントロール	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 有り

メモ (構成図などをお書きください)

KURODA 受付内容	<input type="checkbox"/> ボールねじ選定依頼 <input type="checkbox"/> ボールねじ寿命計算依頼 担当者:
-------------	---

ボールねじ仕様データシート(記入例)

日付		ご担当者	
貴社名	黒○精工(株)		
担当部署		TEL・FAX	

ご使用条件

テーブル質量(重量)	50 kg	テーブル最大速度	250 mm/sec
運動条件	<input checked="" type="checkbox"/> 軸回転 <input type="checkbox"/> ナット回転	潤滑	<input checked="" type="checkbox"/> グリース <input type="checkbox"/> 油
取付姿勢	<input checked="" type="checkbox"/> 水平 <input type="checkbox"/> 垂直 <input type="checkbox"/> その他(水平から 度)		
取付支持方法	<input checked="" type="checkbox"/> 固定-支持 <input type="checkbox"/> 固定-固定 <input type="checkbox"/> 固定-自由 <input type="checkbox"/> 支持-支持		
揺動運転	<input checked="" type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 有り(ストローク mm)		
使用環境	温度(25 °C) <input type="checkbox"/> クリーンルーム <input type="checkbox"/> 真空 <input type="checkbox"/> その他()		
希望寿命時間	20,000時間(休止含め)		例:8時間/日、240日/年、5年

ボールねじ希望サイズ

ねじ軸外径	ねじれ方向	軸方向すきま	ねじ部長
リード	循環数	精度等級	全長
ナット形式 <input type="checkbox"/> シングルナット <input type="checkbox"/> ダブルナット <input type="checkbox"/> インテグラルナット			

運転状態

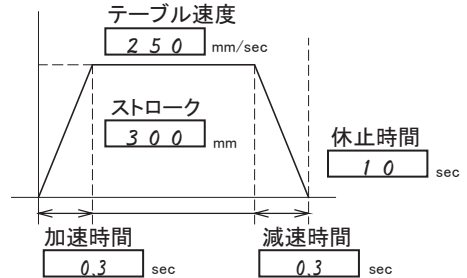
Aの場合

(プレス装置など軸方向荷重とテーブル速度が数段階に分けられる場合)

パターン数	軸方向荷重	テーブル速度	使用時間
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Bの場合

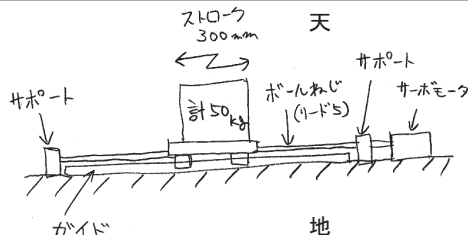
(搬送など速度のみ変化する場合、慣性力の影響が大きい場合など)



その他

摺動部案内の種類	<input type="checkbox"/> ころがり(型番:) <input type="checkbox"/> すべり
使用モータ名	
ボールねじ使用量	1本/X軸 例:1本/ヘッド、4本/台
チェンジコントロール	<input type="checkbox"/> なし <input type="checkbox"/> 有り

メモ(構成図などをお書きください)



KURODA 受付内容	<input type="checkbox"/> ボールねじ選定依頼 <input type="checkbox"/> ボールねじ寿命計算依頼
	担当者:

参考資料

表示ページ

常用するはめあいで用いる穴の寸法許容差	後付-2
常用するはめあいの軸で用いる寸法許容差	後付-3
C形止め輪の形状寸法	後付-4
平行キー及びキー溝の形状寸法	後付-5
硬さ換算表	後付-6
六角穴付きボルトに対する座ぐり及びボルト穴の寸法	後付-7

付表 1 常用するはめあいで用いる穴の寸法許容差 JIS B 0401-2 : 1998 (ISO 286-2 : 1988) より抜粋

単位 : $\mu\text{m} = 0.001\text{mm}$

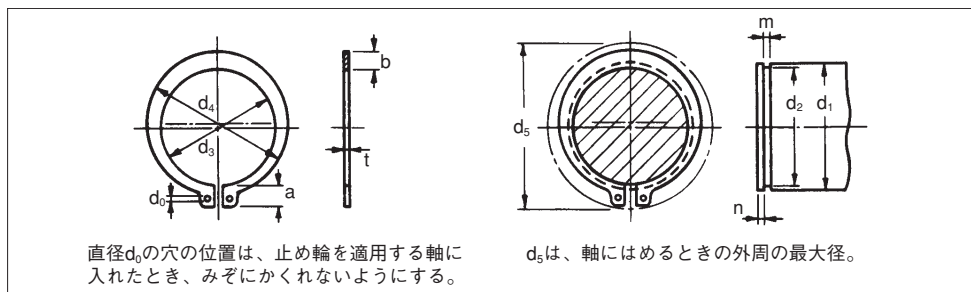
基準寸法の 区分 (mm)	穴の公差域クラス																										
	D8	D9	D10	E7	E8	E9	F6	F7	F8	G6	G7	H6	H7	H8	H9	H10	JS6	JS7	K6	K7	M6	M7	N6	N7	P6	P7	
φ 3	+34 +20	+45 +20	+60 +20	+24 +14	+28 +14	+39 +14	+12 +6	+16 +6	+20 +6	+8 +2	+12 +2	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	± 3	± 5	0 -6	0 -10	-2 -8	-2 -12	-4 -10	-4 -14	-6 -12	-6 -16	
φ 3	+48 +30	+60 +30	+78 +30	+32 +20	+38 +20	+50 +20	+18 +10	+22 +10	+28 +10	+12 +4	+16 +4	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	± 4	± 6	+2 -6	+3 -9	-1 -9	-2 -12	-5 -13	-4 -16	-9 -17	-8 -20	
φ 6	+62 +40	+76 +40	+98 +40	+40 +25	+47 +25	+61 +25	+22 +13	+28 +13	+35 +13	+14 +5	+20 +5	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	± 4.5	± 7.5	+2 -7	+5 -10	-3 -12	-3 -15	-7 -16	-4 -19	-12 -21	-9 -24	
φ 10	+77 +50	+93 +50	+120 +50	+50 +32	+59 +32	+75 +32	+27 +16	+34 +16	+43 +16	+17 +6	+24 +6	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	± 5.5	± 9	+2 -9	+6 -12	-4 -15	-4 -18	-9 -20	-5 -23	-15 -26	-11 -29	
φ 14	+98 +65	+117 +65	+149 +65	+61 +40	+73 +40	+92 +40	+33 +20	+41 +20	+53 +20	+20 +7	+28 +7	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	± 6.5	± 10.5	+2 -11	+6 -15	-4 -17	-4 -20	-11 -24	-7 -28	-18 -31	-14 -35	
φ 24	+119 +80	+142 +80	+180 +80	+75 +50	+89 +50	+112 +50	+41 +25	+50 +25	+64 +25	+25 +9	+34 +9	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	± 8	± 12.5	+3 -13	+7 -18	-4 -20	-4 -25	-12 -28	-8 -33	-21 -37	-17 -42	
φ 50	+146 +100	+174 +100	+220 +100	+90 +60	+106 +60	+134 +60	+49 +30	+60 +30	+76 +30	+29 +10	+40 +10	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	± 9.5	± 15	+4 -15	+9 -21	-5 -24	-5 -30	-14 -33	-9 -45	-26 -45	-21 -51	
φ 65	+174 +120	+207 +120	+260 +120	+107 +72	+126 +72	+159 +72	+58 +36	+71 +36	+90 +36	+34 +12	+47 +12	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	± 11	± 17.5	+4 -18	+10 -25	-6 -28	-6 -35	-16 -38	-10 -45	-30 -52	-24 -59	
φ 100	+208 +145	+245 +145	+305 +145	+125 +85	+148 +85	+185 +85	+68 +43	+83 +43	+106 +46	+39 +14	+54 +14	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+160 0	± 12.5	± 20	+4 -21	+12 -28	-8 -33	-8 -40	-20 -45	-12 -52	-36 -61	-28 -68	
φ 160	+242 +170	+285 +170	+355 +170	+146 +100	+172 +100	+215 +100	+79 +50	+96 +50	+122 +50	+44 +15	+61 +15	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+185 0	± 14.5	± 23	+5 -24	+13 -33	-8 -37	-8 -46	-22 -51	-14 -60	-41 -70	-33 -79	
φ 200																											
φ 250																											

付表2 常用するはめあいの軸で用いる寸法許容差 JIS B 0401-2 : 1998 (ISO 286-2 : 1988) より抜粋

単位 : $\mu\text{m} = 0.001\text{mm}$

基準寸法の区分 (mm)		軸の公差域クラス																						
を 超え 以下	d8	d9	e7	e8	e9	f6	f7	f8	f5	g6	h5	h6	h7	h8	h9	js5	js6	js7	k5	k6	m5	m6	n6	p6
-	-20	-34	-14	-28	-14	-6	-16	-6	-2	-8	0	0	0	0	0	±2	±3	±5	+4	+6	+6	+8	+10	+12
	-48	-60	-20	-38	-20	-10	-22	-28	-4	-12	0	-6	-10	-14	-25	±2.5	±4	±6	+6	+9	+9	+12	+16	+20
3	-40	-62	-25	-47	-25	-13	-28	-35	-5	-14	0	0	0	0	0	±3	±4.5	±7.5	+7	+10	+12	+15	+19	+24
	-48	-60	-32	-50	-32	-16	-24	-32	-9	-18	0	-8	-12	-18	-30	±3	±4.5	±7.5	+7	+10	+12	+15	+19	+24
6	-50	-77	-32	-59	-32	-16	-34	-43	-6	-17	0	0	0	0	0	±4	±5.5	±9	+9	+12	+15	+18	+23	+29
	-50	-77	-32	-59	-32	-16	-34	-43	-6	-17	0	0	0	0	0	±4	±5.5	±9	+9	+12	+15	+18	+23	+29
10	-65	-98	-40	-73	-40	-20	-33	-41	-7	-20	0	0	0	0	0	±4.5	±6.5	±10.5	+11	+15	+17	+21	+28	+35
	-65	-98	-40	-73	-40	-20	-33	-41	-7	-20	0	0	0	0	0	±4.5	±6.5	±10.5	+11	+15	+17	+21	+28	+35
18	-80	-119	-50	-89	-50	-25	-41	-50	-9	-25	0	0	0	0	0	±5.5	±8	±12.5	+13	+18	+20	+25	+33	+42
	-80	-119	-50	-89	-50	-25	-41	-50	-9	-25	0	0	0	0	0	±5.5	±8	±12.5	+13	+18	+20	+25	+33	+42
24	-100	-146	-60	-106	-60	-30	-49	-60	-10	-30	0	0	0	0	0	±6.5	±9.5	±15	+15	+21	+24	+30	+39	+51
	-100	-146	-60	-106	-60	-30	-49	-60	-10	-30	0	0	0	0	0	±6.5	±9.5	±15	+15	+21	+24	+30	+39	+51
30	-120	-174	-72	-126	-72	-36	-58	-71	-12	-34	0	0	0	0	0	±7.5	±11	±17.5	+18	+25	+28	+35	+45	+59
	-120	-174	-72	-126	-72	-36	-58	-71	-12	-34	0	0	0	0	0	±7.5	±11	±17.5	+18	+25	+28	+35	+45	+59
40	-145	-208	-85	-148	-85	-43	-68	-83	-14	-39	0	0	0	0	0	±9	±12.5	±20	+21	+28	+33	+40	+52	+68
	-145	-208	-85	-148	-85	-43	-68	-83	-14	-39	0	0	0	0	0	±9	±12.5	±20	+21	+28	+33	+40	+52	+68
50	-170	-242	-100	-172	-100	-50	-79	-96	-15	-44	0	0	0	0	0	±10	±14.5	±23	+24	+33	+37	+46	+60	+79
	-170	-242	-100	-172	-100	-50	-79	-96	-15	-44	0	0	0	0	0	±10	±14.5	±23	+24	+33	+37	+46	+60	+79
60	-170	-242	-100	-172	-100	-50	-79	-96	-15	-44	0	0	0	0	0	±10	±14.5	±23	+24	+33	+37	+46	+60	+79
	-170	-242	-100	-172	-100	-50	-79	-96	-15	-44	0	0	0	0	0	±10	±14.5	±23	+24	+33	+37	+46	+60	+79
80	-170	-242	-100	-172	-100	-50	-79	-96	-15	-44	0	0	0	0	0	±10	±14.5	±23	+24	+33	+37	+46	+60	+79
	-170	-242	-100	-172	-100	-50	-79	-96	-15	-44	0	0	0	0	0	±10	±14.5	±23	+24	+33	+37	+46	+60	+79

付表3 C形止め輪 JIS B 2804 : 2001 より抜粋



単位：mm

呼び		止め輪					適用する軸 (参考)								
		d_1		f		b	a	d_0	d_3	d_1	d_2		m		n
1	2	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	3.0	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	1.8			3.2	19	12	11.5						
14		12.9	2.0			3.4	22	14	13.4						
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				
17		15.7					2.2	3.7	25	17	16.2				
18		16.5	2.6			3.8	26	18	17.0						
	19	17.5	2.7			3.8	27	19	18.0						
20		18.5	1.2			±0.06	2.7	3.9	2	28	20				
22		20.5		3.1	4.1		31	22		21.0					
	24	22.2	3.1	4.2	33		24	22.9							
25		23.2	3.1	4.3	34		25	23.9							
	26	24.2	3.1	4.4	35		26	24.9							
28		25.9	1.6	±0.07	3.1		4.6	38	28	26.6					
30		27.9			3.5		4.8	40	30	28.6					
32		29.6	±0.25	1.8	3.5		5.0	43	32	30.3					
35		32.2			4.0		5.4	46	35	33.0					
	36	33.2			4.0		5.4	47	36	34.0					
	38	35.2			4.5	5.6	50	38	36.0						
40		37.0			4.5	5.8	53	40	38.0						
	42	38.5			±0.40	±0.07	4.5	6.2	55	42	39.5				
45		41.5					4.8	6.3	58	45	42.5				
	48	44.5			±0.45	2	4.8	6.5	62	48	45.5				
50		45.8					5.0	6.7	64	50	47.0				
55		50.8					5.0	7.0	70	55	52.0				
	56	51.8	5.0	7.0			71	56	53.0						
60		55.8	±0.08	±0.08			5.5	7.2	75	60	57.0				
65		60.8					6.4	7.4	81	65	62.0				
70		65.5	±0.55	3			6.4	7.8	86	70	67.0				
75		70.5					7.0	7.9	92	75	72.0				
80		74.5					7.4	8.2	97	80	76.5				
85		79.5					8.0	8.4	103	85	81.5				
90		84.5			8.0	8.7	108	90	86.5						
95		89.5			±0.09	±0.09	8.6	9.1	114	95	91.5				
100		94.5					9.0	9.5	119	100	96.5				
	105	98.0			4	±0.09	9.5	9.8	125	105	101.0				
110		103.0					9.5	10.0	131	110	106.0				
120		113.0			10.3	10.9	143	120	116.0						

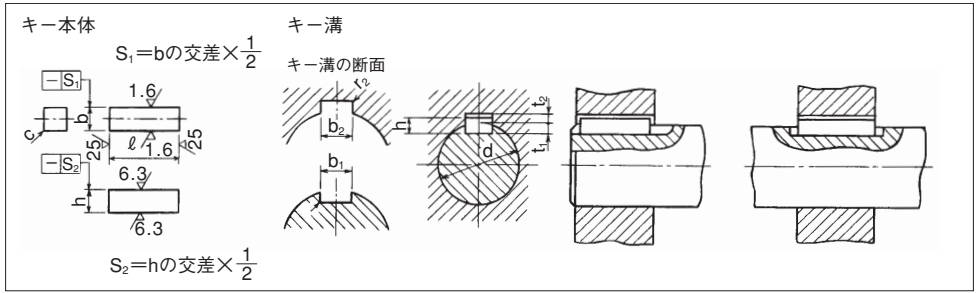
注(1) 呼びは、1欄のものを優先し、必要に応じて2欄の順とする。

(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1. 止め輪円環部の最小幅は、板厚より小さくしてはならない。

2. 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。

付表4 平行キー及びキー溝の形状寸法 JIS B 1301 : 1996 より抜粋



単位：mm

キーの呼び寸法 b×h	キーの寸法				キーの溝の寸法							参考 適応する軸径 d		
	b		h		C	ℓ ⁽¹⁾	普通形		r ₁ 及び r ₂	t ₁ の基準寸法	t ₂ の基準寸法		t ₁ ・t ₂ の許容差	
	基準寸法	許容差 (h9)	基準寸法	許容差			b ₁ ・ b ₂ の基準寸法	b ₁ 許容差 (N9)						b ₂ 許容差 (Js9)
2×2	2	0	2	0	0.16 ~0.25	6~20	2	-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	-0.029			2.5	1.8		8~10
4×4	4		4			8~45	4		2.5		1.8	10~12		
5×5	5	0	5	0		10~56	5	0	±0.0150		3.0	2.3		12~17
6×6	6	-0.030	6	-0.030		14~70	6	-0.030			3.5	2.8		17~22
(7×7)	7	0	7	0		0.25 ~0.40	16~80	7	0		±0.0180	0.16~0.25		4.0
8×7	8	-0.036	7		18~90		8	-0.036	4.0	3.3			22~30	
10×8	10		8		0.40 ~0.60	22~110	10		±0.0215	0.25~0.40	5.0	3.3	+0.2 0	30~38
12×8	12		8	0		28~140	12				5.0	3.3		38~44
14×9	14		9	-0.090		36~160	14				5.5	3.8		44~50
(15×10)	15	0	10			40~180	15	0			5.0	5.0		50~55
16×10	16	-0.043	10			45~180	16	-0.043			6.0	4.3		50~58
18×11	18		11			50~200	18				7.0	4.4		58~65
20×12	20		12		0.60 ~0.80	56~220	20		±0.0260	0.40~0.60	7.5	4.9	+0.3 0	65~75
22×14	22		14			63~250	22				9.0	5.4		75~85
(24×16)	24	0	16	0		70~280	24	0			8.0	8.0		80~90
25×14	25	-0.052	14	-0.110		70~280	25	-0.052			9.0	5.4		85~95
28×16	28		16			80~320	28				10.0	6.4		95~110
32×18	32		18			90~360	32				11.0	7.4		110~130
(35×22)	35		22		1.00 ~1.20	100~400	35		±0.0310	0.70~1.00	11.0	11.0	+0.3 0	125~140
36×20	36		20			-	36				12.0	8.4		130~150
(38×24)	38	0	24	0		-	38	0			12.0	12.0		140~160
40×22	40	-0.062	22	-0.130		-	40	-0.062			13.0	9.4		150~170
(42×26)	42		26			-	42				13.0	13.0		160~180
45×25	45		25			-	45				15.0	10.4		170~200
50×28	50		28		1.60 ~2.00	-	50		±0.0435	2.00~2.50	17.0	11.4	+0.3 0	200~230
56×32	56		32			-	56				20.0	12.4		230~260
63×32	63	0	32	0		-	63	0			20.0	12.4		260~290
70×36	70	-0.074	36	-0.160		-	70	-0.074			22.0	14.4		290~330
80×40	80		40			-	80				25.0	15.4		330~380
90×45	90	0	45			-	90	0			28.0	17.4		380~440
100×50	100	-0.087	50		~3.00	-	100	-0.087	31.0	19.5	440~500			

注 ① 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 適応する軸径は、キーの強さに対応するトルクから求められるものであって、一般用途に目安として示す。

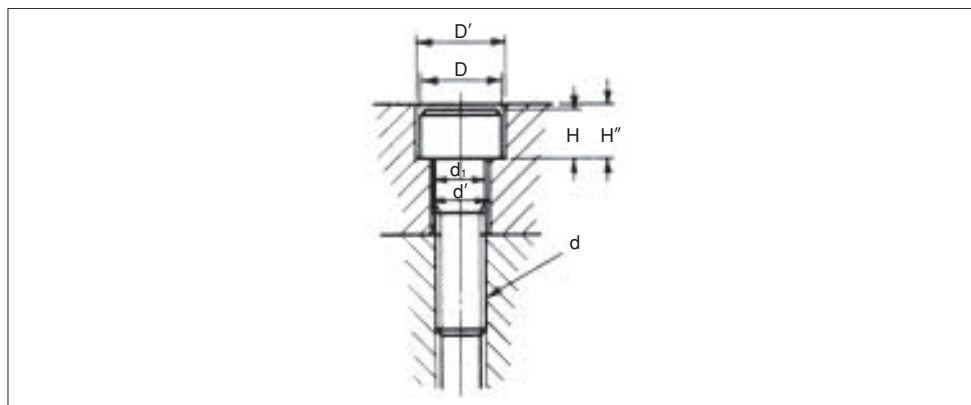
備考 括弧を付けた呼び寸法のもの、なるべく使用しない。

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。

付表5 硬さ換算 (参考)

ロックウェル Cスケール硬さ (150kgf)	ビッカース硬さ	ブリネル硬さ		ロックウェル硬さ		シヨア硬さ
		標準球	タングステン カーバイト球	Aスケール 荷重60kgf brale圧子	Bスケール 荷重100kgf 径1/16in球	
68	940	—	—	85.6	—	97
67	900	—	—	85.0	—	95
66	865	—	—	84.5	—	92
65	832	—	739	83.9	—	91
64	800	—	722	83.4	—	88
63	772	—	705	82.8	—	87
62	746	—	688	82.3	—	85
61	720	—	670	81.8	—	83
60	697	—	654	81.2	—	81
59	674	—	634	80.7	—	80
58	653	—	615	80.1	—	78
57	633	—	595	79.6	—	76
56	613	—	577	79.0	—	75
55	595	—	560	78.5	—	74
54	577	—	543	78.0	—	72
53	560	—	525	77.4	—	71
52	544	500	512	76.8	—	69
51	528	487	496	76.3	—	68
50	513	475	481	75.9	—	67
49	498	464	469	75.2	—	66
48	484	451	455	74.7	—	64
47	471	442	443	74.1	—	63
46	458	432	432	73.6	—	62
45	446	421	421	73.1	—	60
44	434	409	409	72.5	—	58
43	423	400	400	72.0	—	57
42	412	390	390	71.5	—	56
41	402	381	381	70.9	—	55
40	392	371	371	70.4	—	54
39	382	362	362	69.9	—	52
38	372	353	353	69.4	—	51
37	363	344	344	68.9	—	50
36	354	336	336	68.4	(109.0)	49
35	345	327	327	67.9	(108.5)	48
34	336	319	319	67.4	(108.0)	47
33	327	311	311	66.8	(107.5)	46
32	318	301	301	66.3	(107.0)	44
31	310	294	294	65.8	(106.0)	43
30	302	286	286	65.3	(105.5)	42
29	294	279	279	64.7	(104.5)	41
28	286	271	271	64.3	(104.0)	41
27	279	264	264	63.8	(103.0)	40
26	272	258	258	63.3	(102.5)	38
25	266	253	253	62.8	(101.5)	38
24	260	247	247	62.4	(101.0)	37
23	254	243	243	62.0	100.0	36
22	248	237	237	61.5	99.0	35
21	243	231	231	61.0	98.5	35
20	238	226	226	60.5	97.8	34
(18)	230	219	219	—	96.7	33
(16)	222	212	212	—	95.5	32
(14)	213	203	203	—	93.9	31
(12)	204	194	194	—	92.3	29
(10)	196	187	187	—	90.7	28
(8)	188	179	179	—	89.5	27
(6)	180	171	171	—	87.1	26
(4)	173	165	165	—	85.5	25
(2)	166	158	158	—	83.5	24
(0)	160	152	152	—	81.7	24

付表6 六角穴付きボルトに対する座ぐり及びボルト穴の寸法（参考）



単位：mm

ねじの呼び (d)	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	(M14)	M16	(M18)	M20	(M22)	M24	(M27)	M30
ねじのピッチ (P)	0.5	0.7	0.8	1	1.25	1.5	1.75	2	2	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5
d ₁	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
d'	3.4	4.5	5.5	6.6	9	11	14	16	18	20	22	24	26	30	33
D	5.5	7	8.5	10	13	16	18	21	24	27	30	33	36	40	45
D'	6.5	8	9.5	11	14	17.5	20	23	26	29	32	35	39	43	48
H	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
H''	3.3	4.4	5.4	6.5	8.6	10.8	13	15.2	17.5	19.5	21.5	23.5	25.5	29	32

備考 上表のボルト穴径 (d') は、JIS B 1001 (ボルト穴径及びざくり径) のボルト穴径2級による。