

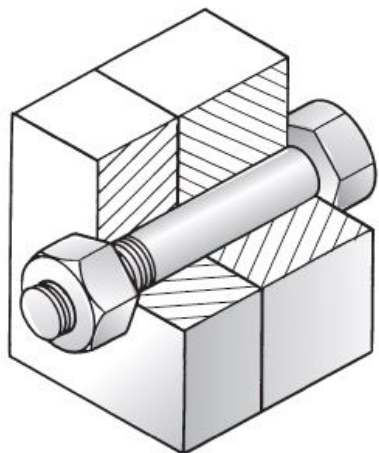
第5章 ねじ

5.1 ねじの種類と用途

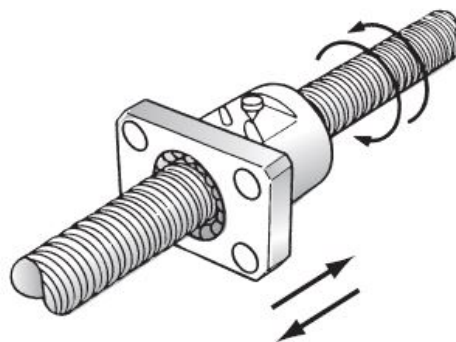
5.1.1 ねじの用途



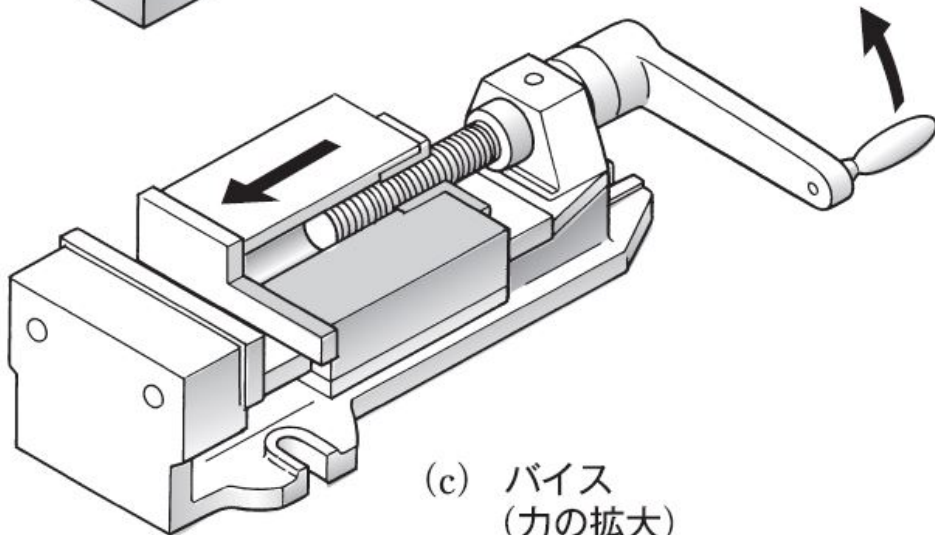
締結
運動の変換
力の拡大
変位の拡大



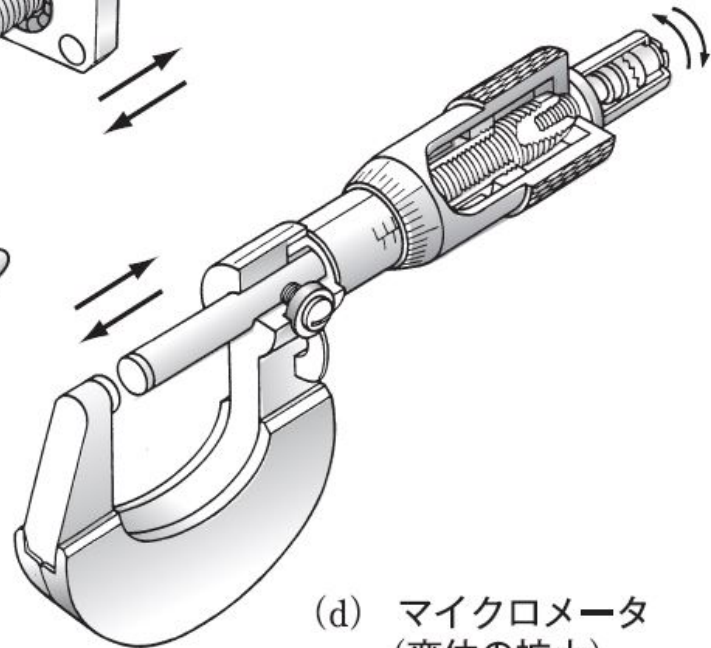
(a) ボルト・ナット
(締結)



(b) ボールねじ
(運動の変換)

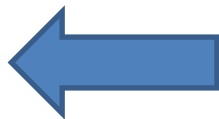


(c) バイス
(力の拡大)



(d) マイクロメータ
(変位の拡大)

5.1.2 ねじの基本



機構学で紹介済み


(1) リード・リード角・ピッチ

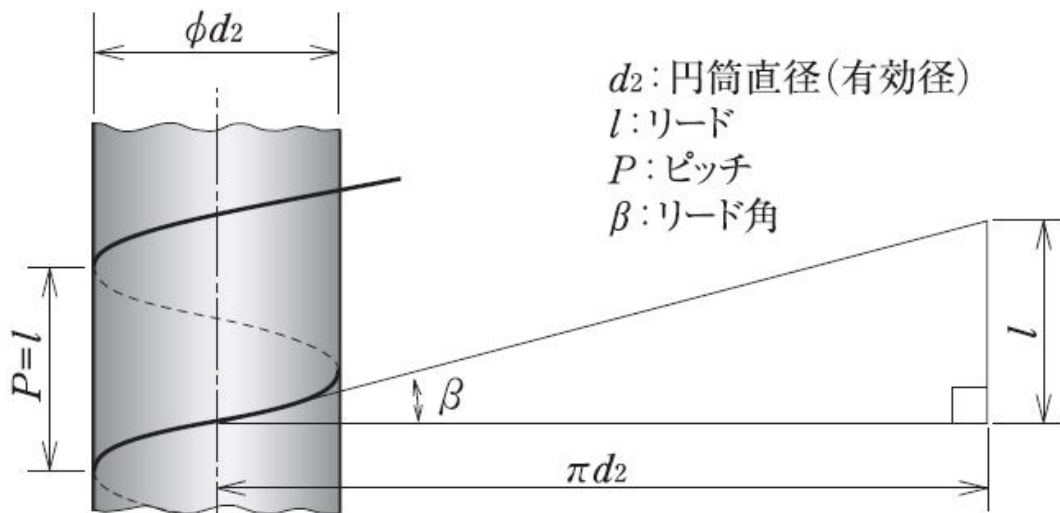
ねじの基本は、円筒に巻きつけたらせん状の曲線

β : リード角

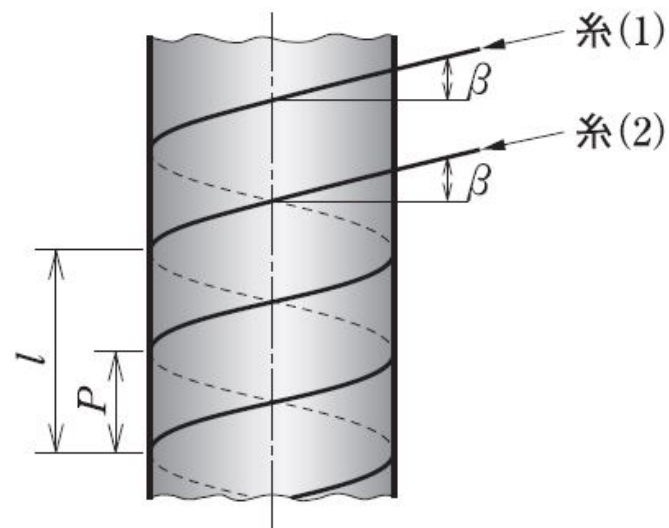
l : リード \rightarrow 1回転で進む距離

p : ピッチ \rightarrow 隣り合うつる巻の間隔

 $\tan\beta = l/\pi d_2$



(a) 一条ねじのつる巻線

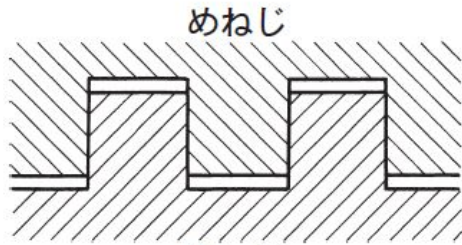


(b) 二条ねじのつる巻線

(2) ねじ山

凸部をねじ山、凹部をねじ溝

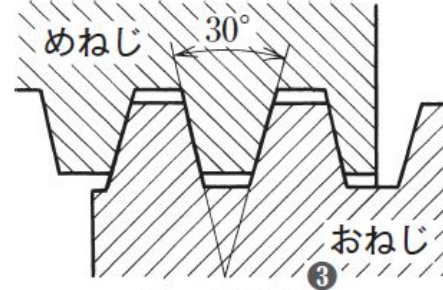
ねじ山の形状は複数あり、ねじ山の形が呼び名



おねじ ②

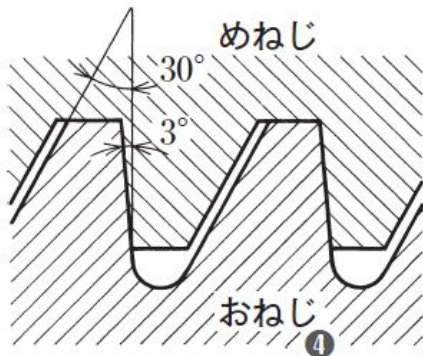
(a) 角ねじ

ねじ山の断面が長方形（ほぼ正方形）のねじで、三角ねじに比べて摩擦力が小さい。ねじプレスなど、大きな力が働く機械に用いられる。



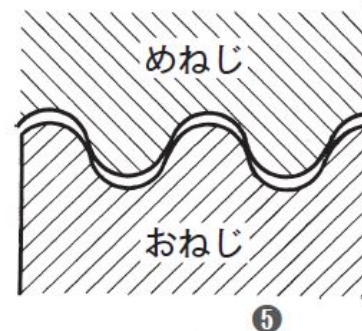
(b) 台形ねじ

ねじ山の断面が台形で、角ねじより作りやすく、強さもあるので、工作機械の送りやバルブ開閉用に用いられる。



(c) のこ歯ねじ

ねじ山がのこ歯状のもので、一方に大きな力が作用するジャッキなどに用いられる。大きな力が働く方向には、摩擦力が小さくなるという角ねじの性質を利用する。



(d) 丸ねじ

薄板で作られた電球の口金など、ごみや砂などが入りやすい部分のねじに用いられる。

(3) 一条ねじ・多条ねじ

- ・一条ねじ: つる巻線が**1本**

$$l = p$$

- ・多条ねじ: つる巻線が**複数(n)本**

$$l = n \cdot p$$

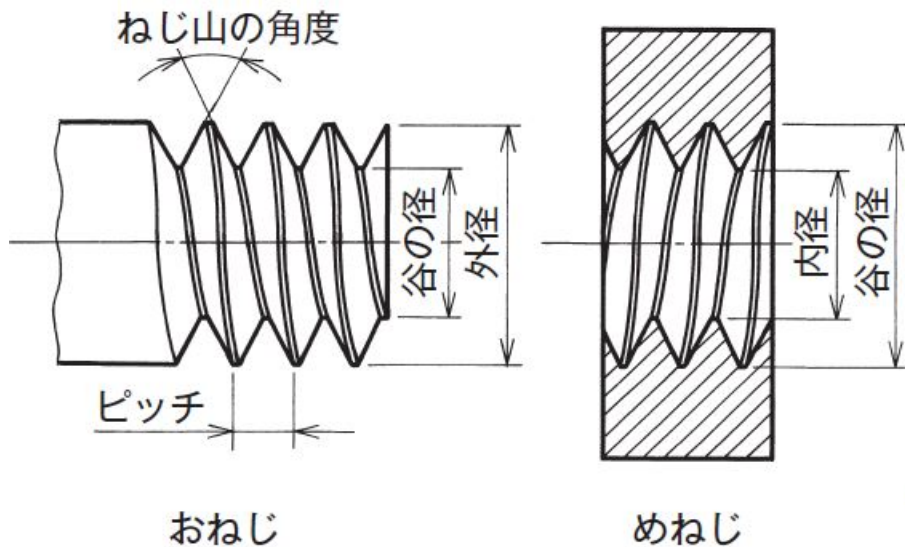


小さな角度で大きな
変位が得られる

使用例: コンパクトデジカメのズーム機構
ペットボトルのキャップ など

(4) おねじ・めねじ

おねじ: ねじ山が外周面
めねじ: ねじ山が内周面



(5) 右ねじ・左ねじ

めねじ(ナット)を固定して、
おねじ(ボルト)を
右に回転させたら進む



右ねじ

左に回転させたら進む



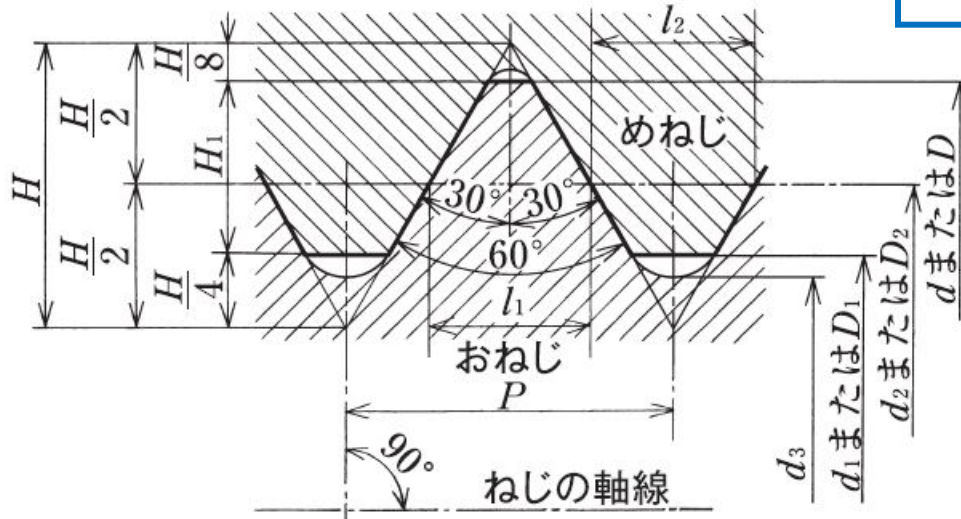
左ねじ

圧倒的に、
右ねじが多い

5.1.3 一般用メートルねじ

(1) ねじ山の角度とピッチ

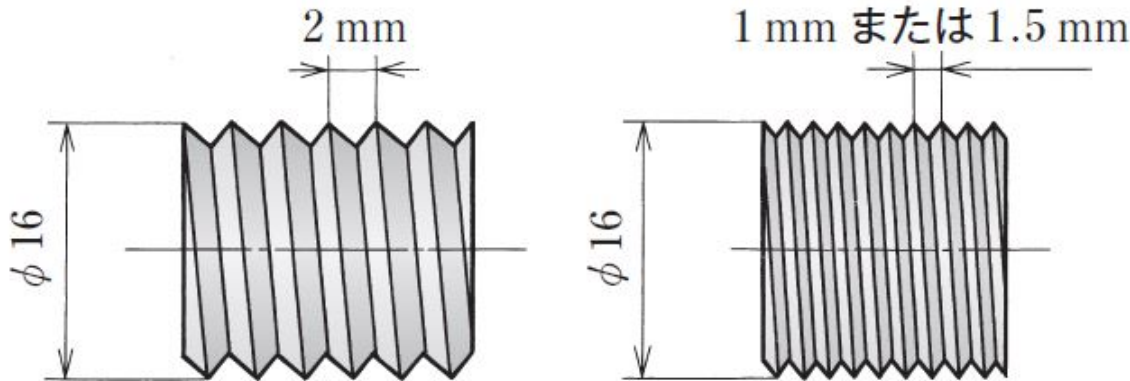
JIS (ISO) 規格の三角ねじでは、
ねじ山の角度は **60°**



太い実線は基準山形を示す。

$$\begin{aligned}
 H &= 0.866025404P \\
 H_1 &= 0.541265877P \\
 d_2 &= d - 0.6495P \\
 d_1 &= d - 1.0825P \\
 D &= d \\
 D_2 &= d_2 \text{ (有効径)} \\
 D_1 &= d_1
 \end{aligned}$$

[単位 mm]

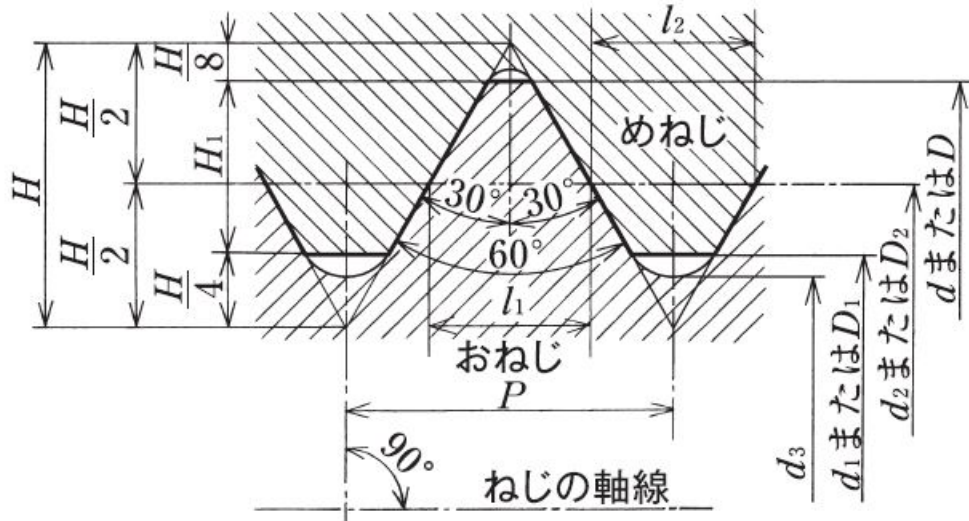


(a) 最大ピッチのねじ(並目) (b) 細かいピッチのねじ(細目)

ねじ山のピッチの規定
されている

並目 : 最大ピッチ
細目 : ピッチが小さい
 (βが小さい)

(2) 外径・有効径



太い実線は基準山形を示す。

$$H = 0.866025404P$$

$$H_1 = 0.541265877P$$

$$d_2 = d - 0.6495P$$

$$d_1 = d - 1.0825P$$

$$D = d$$

$$D_2 = d_2 \text{ (有効径)}$$

$$D_1 = d_1$$

[単位 mm]

外径: 山頂円筒の直径 (d 、 D) ← **呼び径**

有効径: ねじ山の部分とねじ溝の部分の長さが同じになる仮想円筒の直径 (d_2 、 D_2)



実際に測定することは難しい

(3) ねじの表し方

呼び径：おねじの外径

ねじの種類を表す記号およびねじの呼びの表し方の例

区 分	ねじの種類		ねじの種類 を表す記号	ねじの呼びの 表し方の例	引用規格
ピッチを mm で 表すねじ	メートル並目ねじ		M	M8	JIS B 0205
	メートル細目ねじ			M8×1	JIS B 0207
	ミニチュアねじ		S	S0.5	JIS B 0201
	メートル台形ねじ		Tr	Tr10×2	JIS B 0216
ピッチを山数で表 すねじ	管用テーパねじ	テーパおねじ	R	R 3/4	JIS B 0203
		テーパめねじ	Rc	Rc 3/4	
		平行めねじ	Rp	Rp 3/4	
	管用平行ねじ		G	G 1/2	JIS B 0202
	ユニファイ並目ねじ		UNG	3/8 - 16UNC	JIS B 0206
	ユニファイ細目ねじ		UNF	No.8 - 36UNF	JIS B 0208

(4) おねじの有効断面積

ねじを切断すると円形ではない → 単純計算は無理
 実際に荷重を受けることができる面積 → **有効断面積**

呼び			ピッチ P (並目)	めねじ			おねじの有効断面積 $A_{s, nom}$ [mm ²]
				谷の径 D	有効径 D_2	内径 D_1	
1 欄	2 欄	3 欄		おねじ			
				外径 d	有効径 d_2	谷の径 d_1	
M3	M3.5		0.5	3.000	2.675	2.459	5.03
M4			0.6	3.500	3.110	2.850	6.78
M4			0.7	4.000	3.545	3.242	8.78
M5	M4.5		0.75	4.500	4.013	3.688	11.3
			M6	0.8	5.000	4.480	4.134
M8	M7		1	6.000	5.350	4.917	20.1
			1.25	7.000	6.350	5.917	28.9
	M9	1.25	8.000	7.188	6.647	36.6	
M10		M11	1.25	9.000	8.188	7.647	48.1
			1.5	10.000	9.026	8.376	58.0
			M12	1.5	11.000	10.026	9.376
M16	M14		1.75	12.000	10.863	10.106	84.3
			2	14.000	12.701	11.835	115
	M18	2	16.000	14.701	13.835	157	
			2.5	18.000	16.376	15.294	192



ねじの強度計算
 に使用される
 重要な値

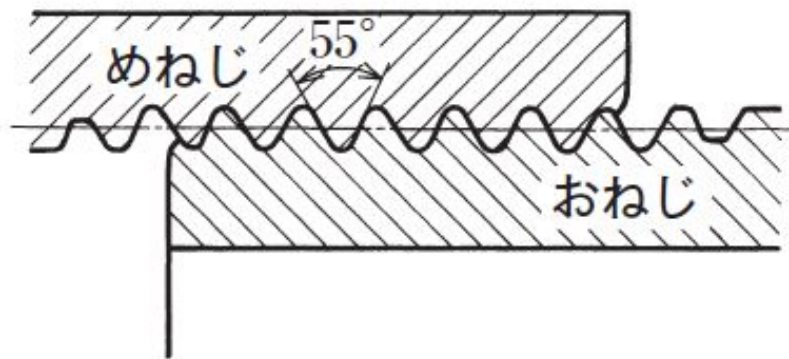
注 1 欄を優先的に用い、必要に応じて 2 欄、3 欄から選ぶ。

(JIS B 0205-1 ~ 4: 2001, B 1082: 2009 から作成)

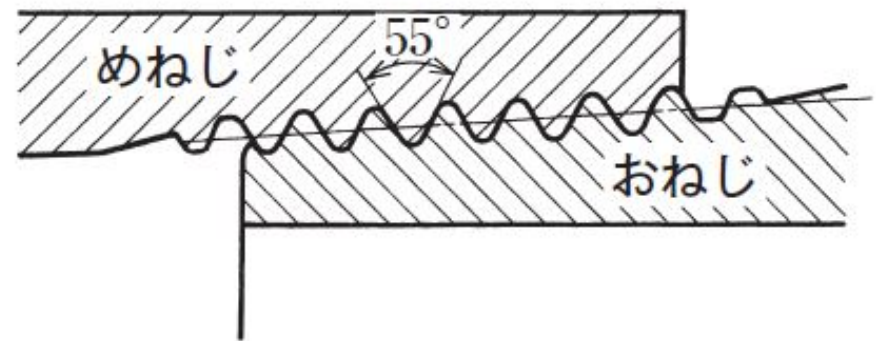
5.1.4 管用ねじ

パイプ材の締結に使用されるねじ

- ・ねじ山の角度が 55°
- ・ピッチは1インチ当たりの山数
- ・平行ねじとテーパねじがある
(食い込みにより、接触が多くなる)
- ・ねじ面のすきまを無くすため、シールテープなどをねじ面に巻いてから結合する



(a) 平行ねじ



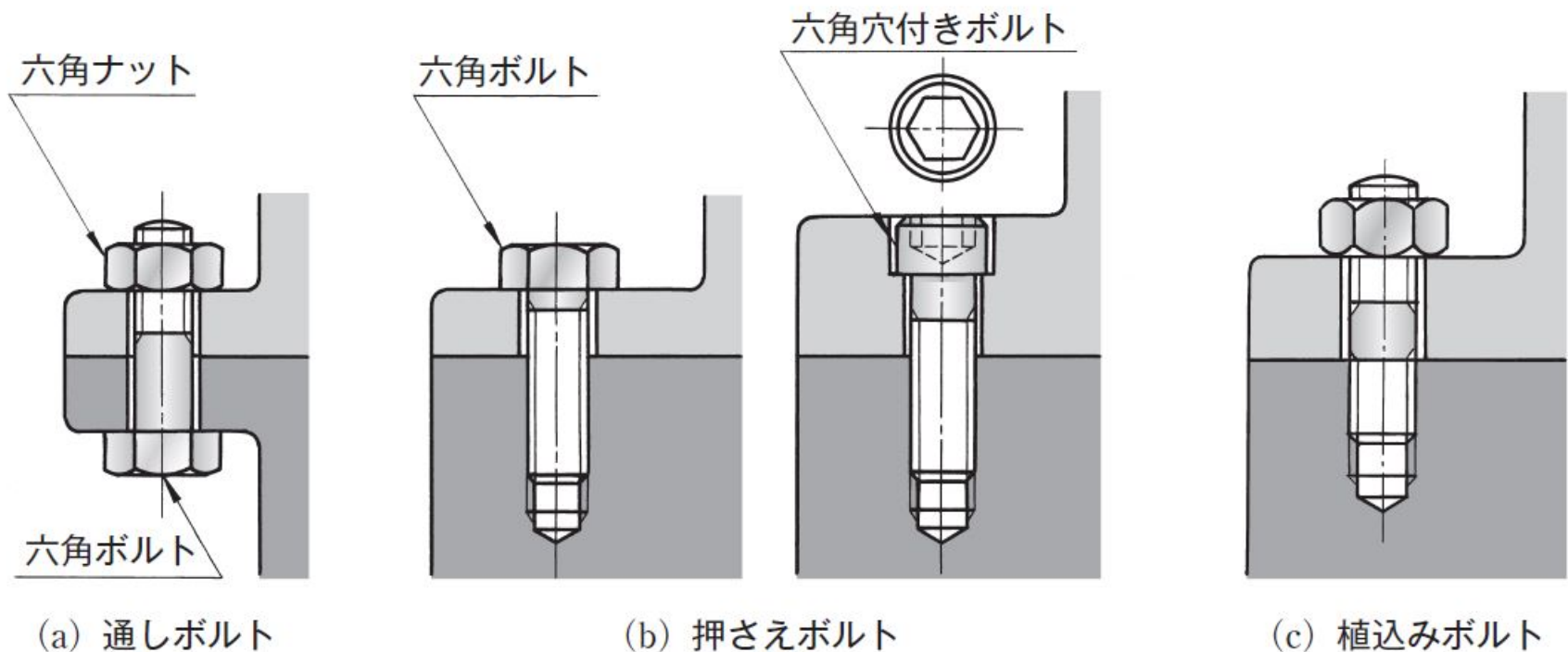
(b) テーパねじ (テーパ $\frac{1}{16}$)

5.1.6 ねじ部品

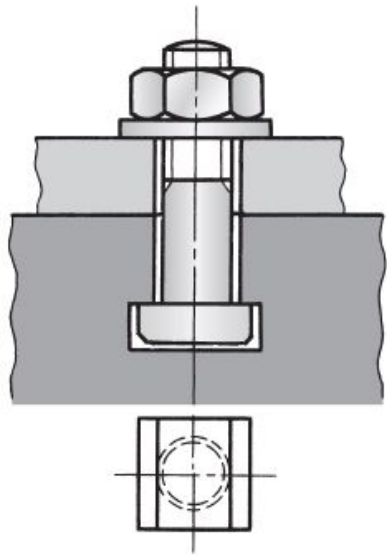
(1) ボルト・ナット

おねじ: ボルト

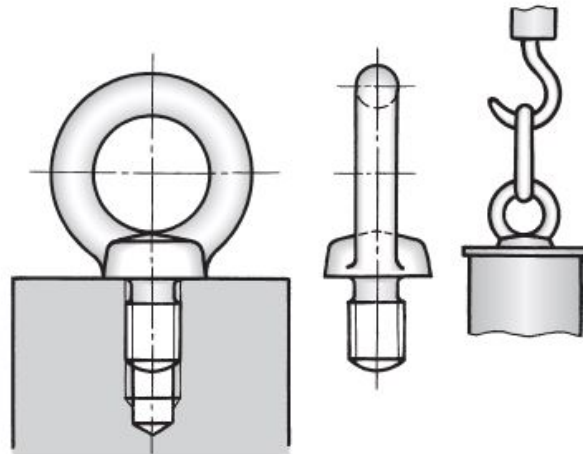
- ・六角ボルト: 頭が六角形 ← レンチで締めるため
- ・六角穴付きボルト: 頭が円筒で内部に六角穴
→ 座グリ穴を開けて頭を埋没させることが可能
- ・植込みボルト: 頭がない



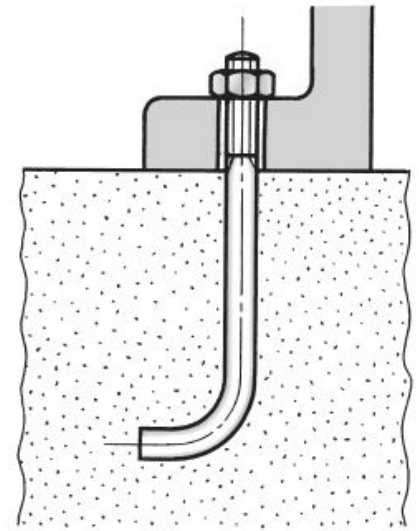
特殊なボルトの使い方



(a) T溝ボルト



(b) アイボルト



(c) 基礎ボルト (L形)

特殊なナット



(a) 六角袋ナット



(b) ちょうナット



(c) 溝付き丸ナット



(d) アイナット

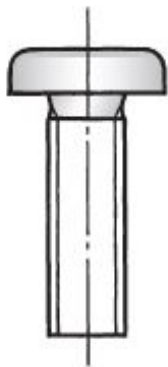
小ねじ



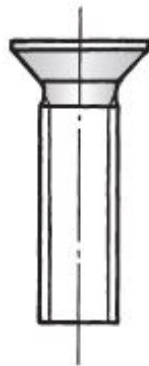
十字穴付き



すりわり付き



なべ小ねじ



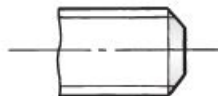
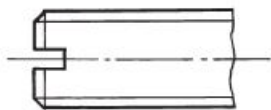
さら小ねじ



丸さら小ねじ

止めねじ

すりわり

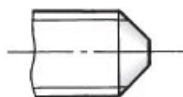
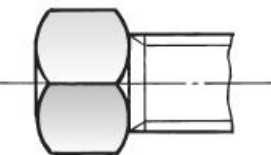


平先

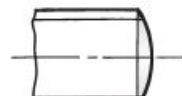


くぼみ先

四角

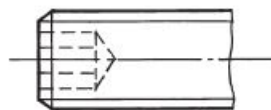


とがり先



丸先

六角穴



棒先

タッピングねじ



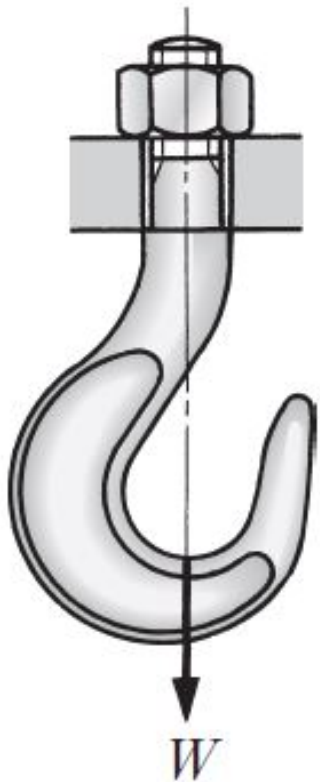
5.2 ねじの強さ

5.2.1 軸方向荷重を受けるねじの強さ

フックに W [N]の荷重が作用するとき、必要なねじの断面積 A [mm²]を求める



必要な断面積 **有効断面積**
となるねじ径を選ぶ



$$A = \frac{W}{\sigma_a}, \quad A \leq A_{s, \text{nom}}$$

σ_a : 許容引張り応力

例題 2

図 5-13 の鋼製フックに $W = 8 \text{ kN}$ の荷重が作用するとき、フックのねじ部に用いる一般用メートルねじ（並目）を選べ。ただし、フックの材料の許容引張応力を $\sigma_a = 50 \text{ MPa}$ とする。

解答

必要な断面積 A は、式 (5-2) から、

$$A = \frac{W}{\sigma_a} = \frac{8000}{50} = 160 \text{ [mm}^2\text{]}$$

である。表 5-1 から、 A 以上でこれに最も近い $A_{s,\text{nom}} = 192 \text{ mm}^2$ の M18 を選ぶ。

答 M18

5.2.2 軸方向荷重とねじりを受けるねじの強さ

締付けボルトやねじジャッキ

→ 軸方向とねじりの荷重両方が作用する



ねじりによる影響を考慮して、軸方向荷重を $4W/3$ とする

必要な断面積は、

$$A = \frac{\frac{4}{3} W}{\sigma_a} = \frac{4W}{3 \sigma_a}, \quad A \leq A_{s, \text{nom}}$$

σ_a : 許容引張り応力

例題 3

軸方向に $W = 4 \text{ kN}$ の力で締め付けられる一般用メートルねじ（並目）のボルトを選定せよ。ただし、ねじりも作用しているものとし、ボルトの許容引張応力を $\sigma_a = 60 \text{ MPa}$ とする。

解答

引張りとねじりの荷重が作用しているので、式 (5-3) から、

$$A_{s,\text{nom}} \geq \frac{4W}{3\sigma_a} = \frac{4 \times 4000}{3 \times 60} = 88.9 \text{ [mm}^2\text{]}$$

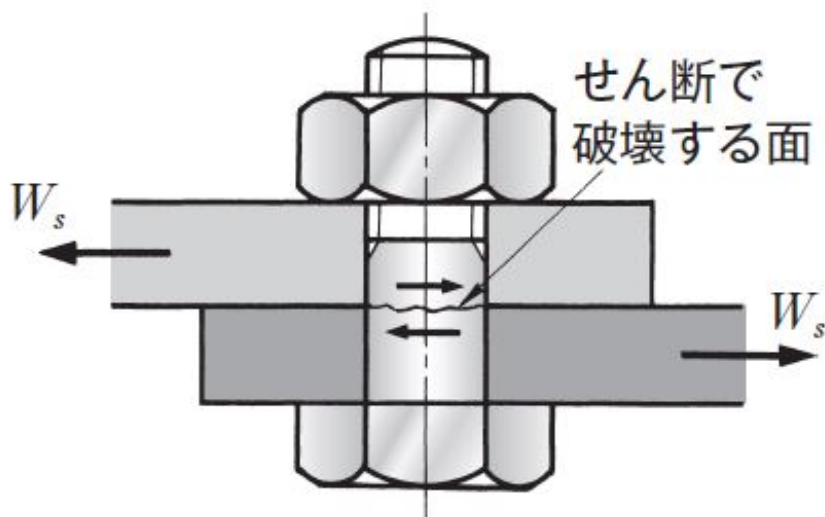
表 5-1 から、 $A_{s,\text{nom}} = 115 \text{ mm}^2$ の M14 を選ぶ。

答 M14

5.2.3 せん断荷重を受けるねじの強さ

平板に平行な方向に W_s の引張り荷重

抵抗する力は、
押しつけられた平板間の摩擦力
ボルトのせん断抵抗



$$\tau_a \geq \frac{W_s}{\frac{\pi}{4} d^2}$$

ボルトはその
外径の円柱と
考える

リーマボルト: 軸外径が精度よく仕上げられている
→ 大きなせん断荷重が働く場合や位置決めに使われる

5.3 ねじのはめあい(かみ合い)長さ

5.3.1 締付け用ねじのはめあい長さ

おねじとめねじのはめあい(かみ合い)長さが少ないとねじ山が破断する。送りねじにおいては、ねじ山の摩耗が激しくなる → **必要最小限のはめあい長さがある**



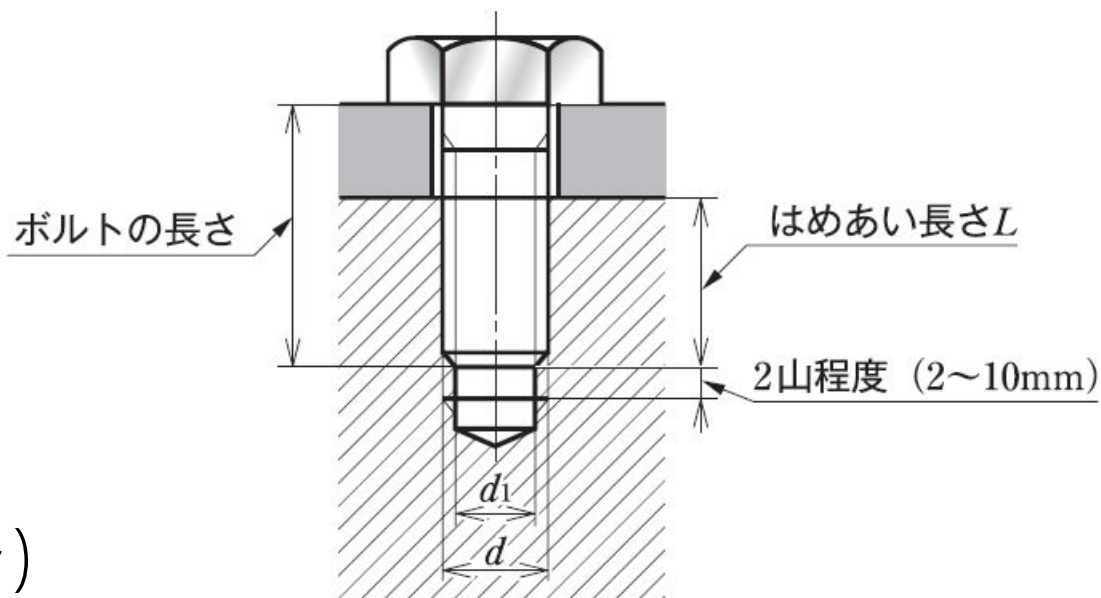
軟鋼・鋳鋼・青銅： $L = d$

鋳鉄： $L = 1.3d$

軽合金： $L = 1.8d$

d : ボルト外径(呼び径)

ねじ材料の強度に依存



5.3.2 運動用(搬送用)ねじのはめあい長さ

ねじ面の摩耗が問題 → ねじ面の接触面圧を適正にする

ねじ山の接触面積 $A \doteq \frac{\pi}{4} (d^2 - D_1^2) z$ z : 接触しているねじ山数

ねじに働く荷重 $W \leq qA = q \frac{\pi}{4} (d^2 - D_1^2) z$ q : ねじの許容面圧

接触が必要な山数 $z = \frac{4W}{\pi q (d^2 - D_1^2)}$

はめあい長さ $L = zP = \frac{4WP}{\pi q (d^2 - D_1^2)}$

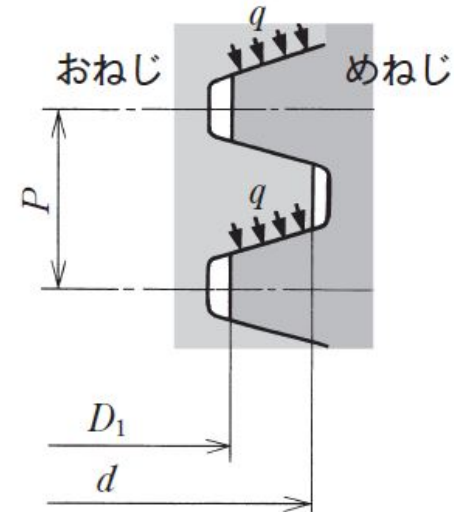
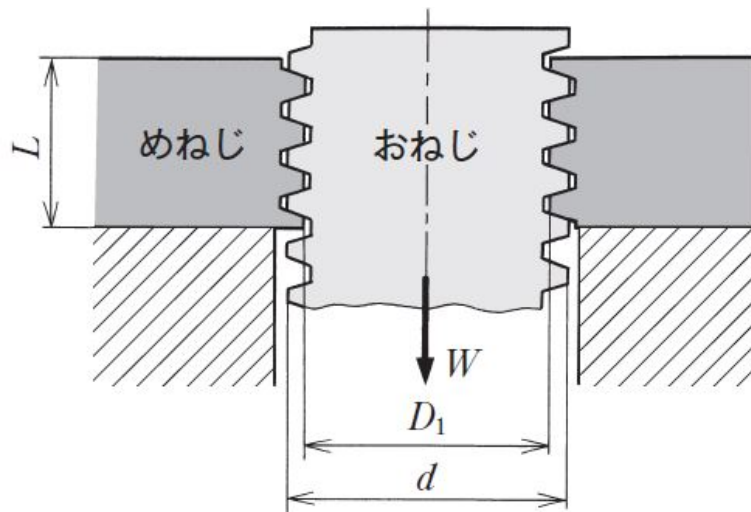


表 5-2 運動用ねじの許容面圧 q

材 料	おねじ めねじ	鋼					
		青 銅	青 銅	鋳 鉄	青 銅	鋳 鉄	青 銅
滑 り 速 度 [m/min]		低速	3.0 以下	3.4 以下	6.0 ~ 12.0		15.0 以下
許 容 面 圧 q [MPa]		18 ~ 25	11 ~ 18	13 ~ 18	6 ~ 10	4 ~ 7	1 ~ 2

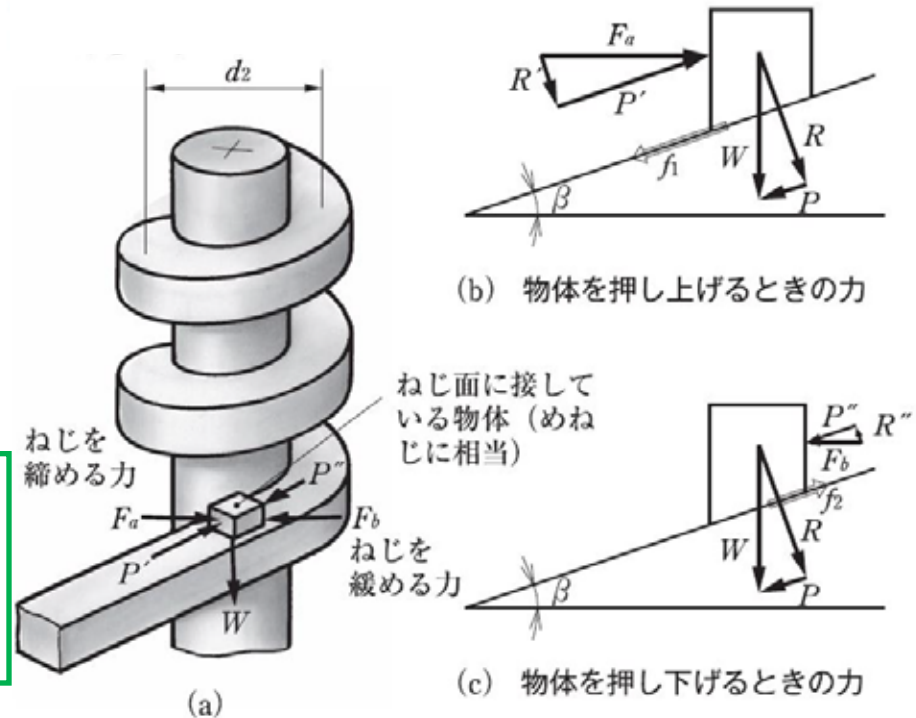
5.4 ねじを回すトルクと緩み止め

5.4.1 ねじに働く力

(1) 角ねじを締めるときの力

物体を押し上げる時の力として考えることができる

$$W \sin \beta + \mu (W \cos \beta + F_a \sin \beta) = F_a \cos \beta$$



F_a に関して解くと、

$$F_a = \frac{W (\sin \beta + \mu \cos \beta)}{\cos \beta - \mu \sin \beta} = \frac{W (\tan \beta + \mu)}{1 - \mu \tan \beta}$$

摩擦角を ρ として、

$$F_a = W \tan (\rho + \beta)$$

正接の加法定理

F_a はねじを締付けるときの有効径上での水平方向の力

(2) 角ねじを緩めるときの力

緩めるときは、物体を押し下げる時と同じ

→ 斜面に作用する重力が加わる

$$\mu (W \cos \beta - F_b \sin \beta) = W \sin \beta + F_b \cos \beta$$

$$F_b = W \tan (\rho - \beta)$$

5.4.2 ねじを回すトルク

トルクは力に有効半径を掛ければよいので、

$$\text{締付け: } T_1 = F_a \frac{d_2}{2} = W \frac{d_2}{2} \tan (\underline{\rho + \beta})$$

$$\text{緩める: } T_2 = F_b \frac{d_2}{2} = W \frac{d_2}{2} \tan (\underline{\rho - \beta})$$

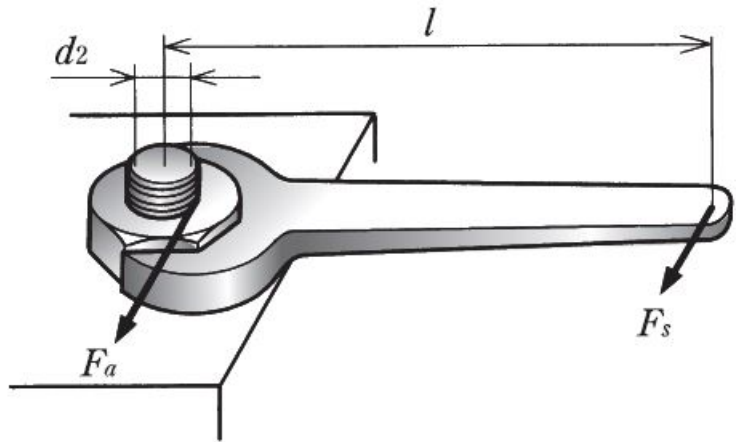
さらに、ナットと座面間の摩擦力が加わる。経験的に

$$T_N = 0.2Wd$$

この合計が、ねじの締付けトルクになる

$$T = T_1 + T_N$$

レンチで締め付ける場合

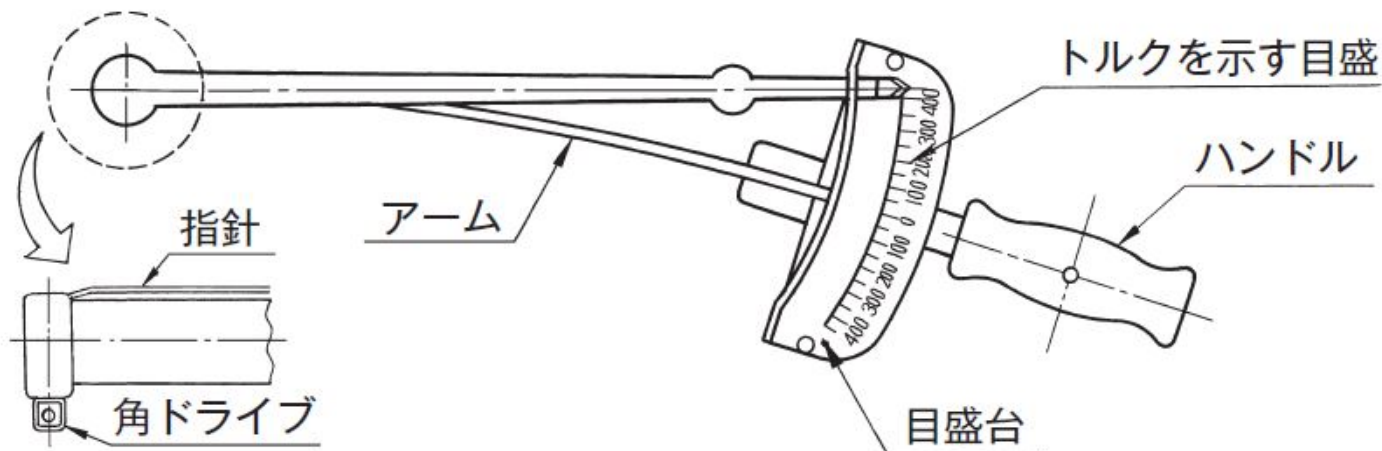


$$F_s = \frac{T_1}{l} = W \frac{d_2}{2l} \tan (\rho + \beta)$$

輪軸の原理で、距離 l が大きい程
小さな力で済む

正確な締め付けトルクを得るには

→ トルクレンチ、トルクドライバを使用する



ねじ部品の強度

鋼製おねじの機械的強度区分

1999.3までは、 4T、 8T、 11T という表記



1999.4.1で廃止

現在は、

3 . 6、 4 . 6、 5 . 6、 8 . 8

のように表示

「11T」とはどんな意味でしょうか？

「110キロまで切れない」という最小引張荷重だけを表しています。

「8T」→ 80キロまで切れない

「7T」→ 70キロまで切れない

「4T」→ 40キロまで切れない

11T、8T、7T、4T などの強度区分は「降伏荷重」は表しません。

「11T」と「10.9」は“0.1の差”でほとんど同じと誤解されやすいのですが、実際には引張強さが10キロと100キロで10キロの差があります。

尚、OOTという強度区分は、1999年4月1日で廃止となりました。

「12. 9」とはどんな意味でしょうか？

「12. 9」とは数値ではありません。

小数点の左の数字と右の数字がそれぞれボルトの強さを表します。左の『12』が‘120キロまで切れない’という強さを表します。これを「最小引張荷重」といいます。右の『9』が‘120キロの9割→108キロまでは伸びても元に戻る’という強さを表しています(108キロを超えると伸びきって元には戻りません)。これを「降伏荷重」または「耐力」といいます。

変形しても元にもどる → 弾性変形
変形して元にもどらない → 塑性変形

例えば、「ねじがバカになる」というのも塑性変形です。

「10. 9」→ 100キロまで切れずに9割の90キロまで元に戻る

「8. 8」→ 80キロまで切れずに8割の64キロまで元に戻る

「4. 6」→ 40キロまで切れずに6割の24キロまで元に戻る

JIS規格では、次の10種類の強度区分が定められています。

3. 6 4. 6 4. 8 5. 6 5. 8

6. 8 8. 8 9. 8 10. 9 12. 9

力の単位は、1平方ミリメートルあたりです。

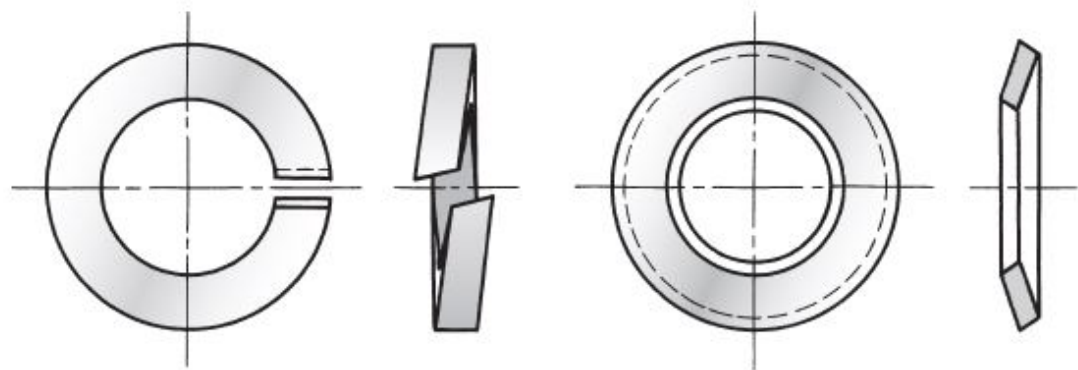
表 3・6 ボルト、ねじ及び植込みボルトの機械的性質

機械的又は物理的性質		強 度 区 分										
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9
								$d \leq 16$ [mm]	$d > 16$ [mm]			
呼び引張強さ $R_{m, nom}$ [N/mm ²]		300	400		500		600	800	800	900	1000	1200
最小引張強さ $R_{m, min}$ [N/mm ²]		330	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220
下降伏点 R_{eL} [N/mm ²]	呼び	180	240	320	300	400	480	—	—	—	—	—
	最小	190	240	340	300	420	480	—	—	—	—	—
0.2%耐力 $R_{p0.2}$ [N/mm ²]	呼び	—					—	640	640	720	900	1080
	最小	—					—	640	660	720	940	1100
保証荷重応力 S_p	S_p/R_{eL} 又は $S_p/R_{p0.2}$	0.94	0.94	0.91	0.93	0.90	0.92	0.91	0.91	0.90	0.88	0.88
	[N/mm ²]	180	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970
破壊トルク M_B [N・m]	最小	—						JIS B 1058 による.				
破断伸び A [%]	最小	25	22	—	20	—	—	12	12	10	9	8

5.4.3 ねじの緩み止め

(1) 座金による方法

ねじの緩みは、機械の損傷に繋がる → 緩み止めは重要



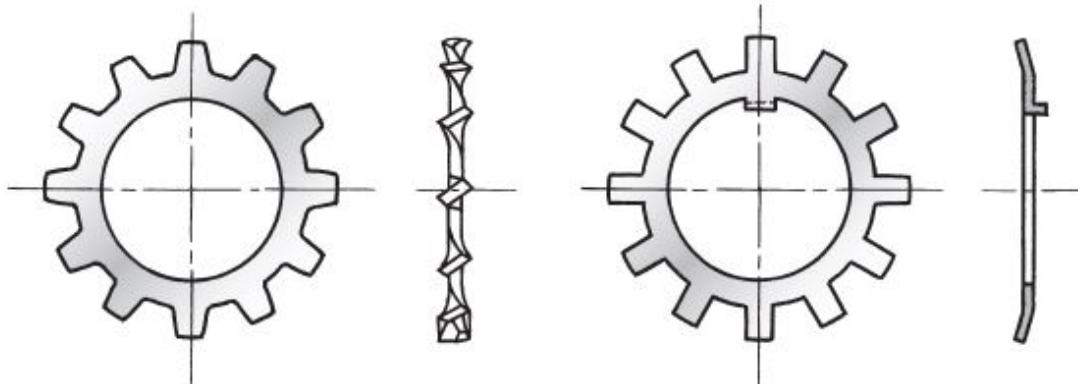
ばね座金

さらばね座金

座金：ねじの頭と板面の間に
に入れて使用



ばねや食い込みの力で
緩みを防止する



歯付き座金（外歯形）

軸受用座金（舌を曲げた形式）



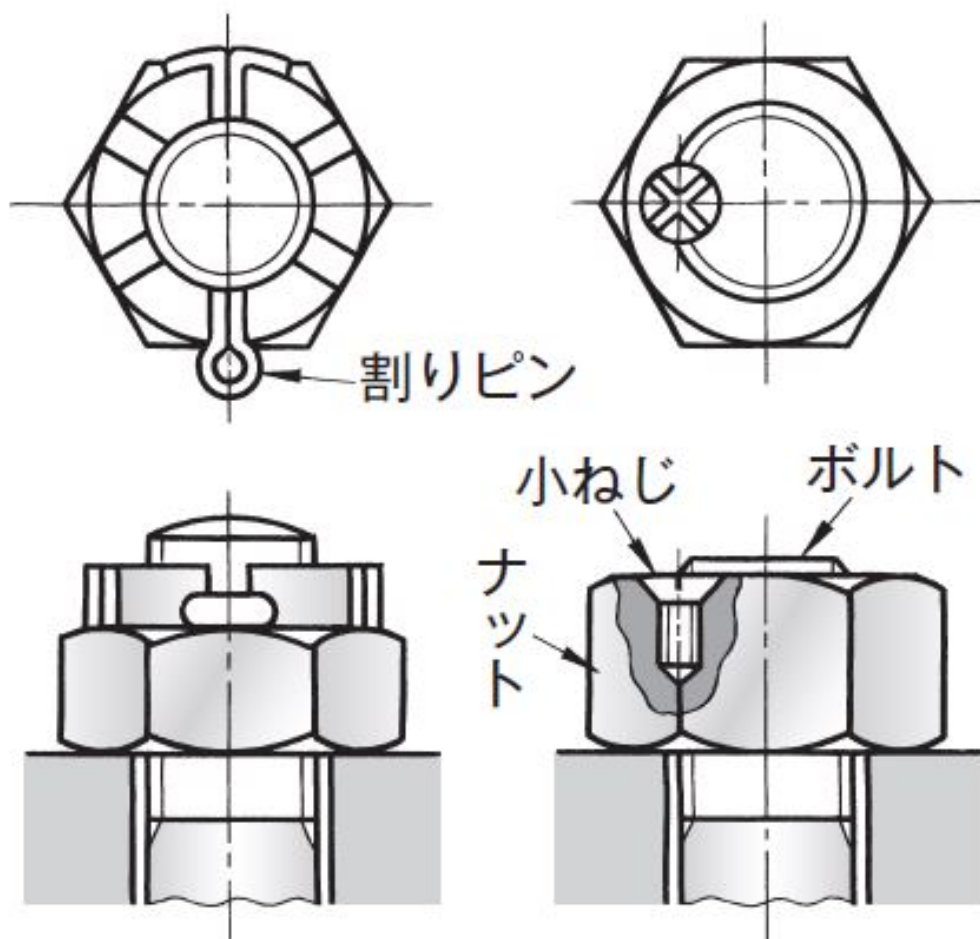
安価で簡易的であるが、
効果が得られる

(2) ピン・小ねじによる方法

ボルトを加工して、挿入材のせん断抵抗で緩みを防止

貫通穴：割ピン

ねじ穴：小ねじ

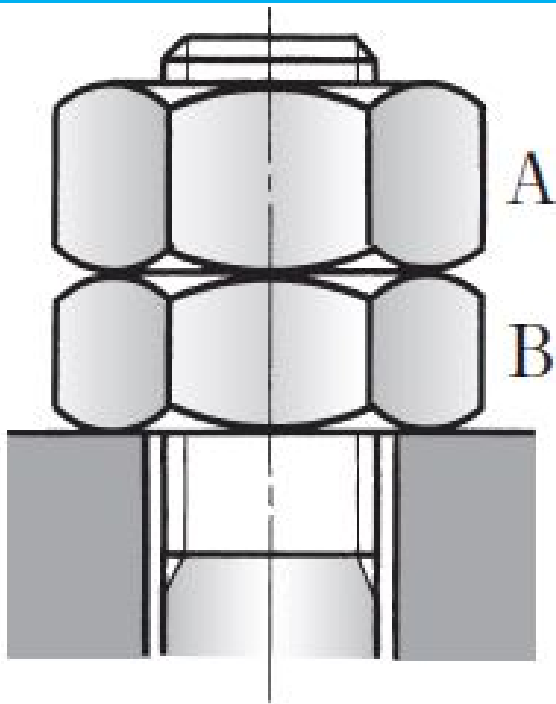


固定後、**現物合わせ**
で貫通穴やねじ穴
の加工を行う

(3) ダブルナット方法
ナットBを締めた後に
ナットAを締め、Bを少し
緩める



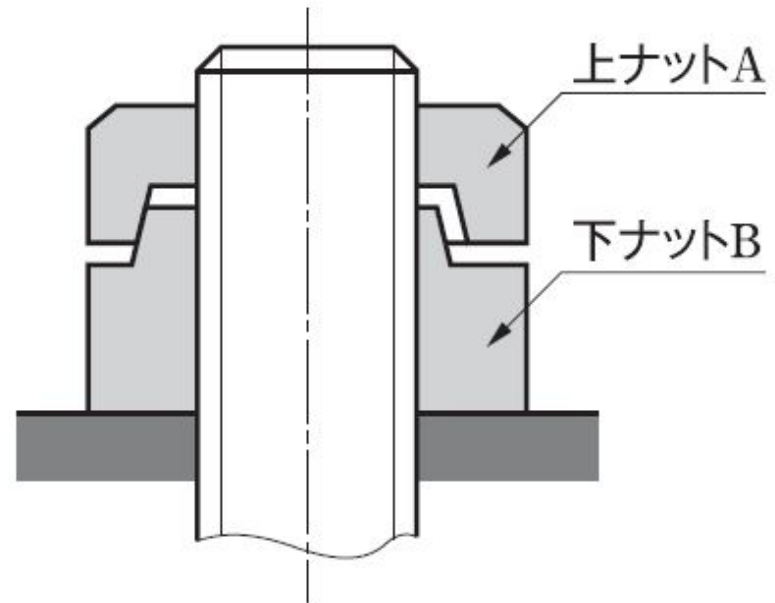
ナット同士が強く接触する
のでねじ面に大きな圧力
が発生する



(4) 偏心ナット方式
ボルト軸線に対して偏心した
テーパ部を持つねじを使用



テーパ部がくさびとなって
半径方向に大きな摩擦力
を生じる



今週の演習

テキストP128、問題3

ただし、荷重を6kNではなく、4kNとする

