

第12回(20080110)

本日の topics :

1. 疲れ強さに基づく軸の設計
2. 軸の剛性
3. ねじの種類, 用途, 主要な用語

・軸の応力計算, 静的強度設計方法について復習した.

3. 3. 6 疲れ強さに基づく軸の設計

・教科書を見ながら設計の要点と考え方を説明した.

(動荷重の場合の強度設計法に基づき,
こと)

3. 3. 7 軸の剛性

剛性: 荷重に対する変形性

剛性が高い=変形しにくい

1) たわみ剛性

$$t_{\delta} = \frac{P}{\delta} \quad (\text{N/m})^{\leftarrow}$$

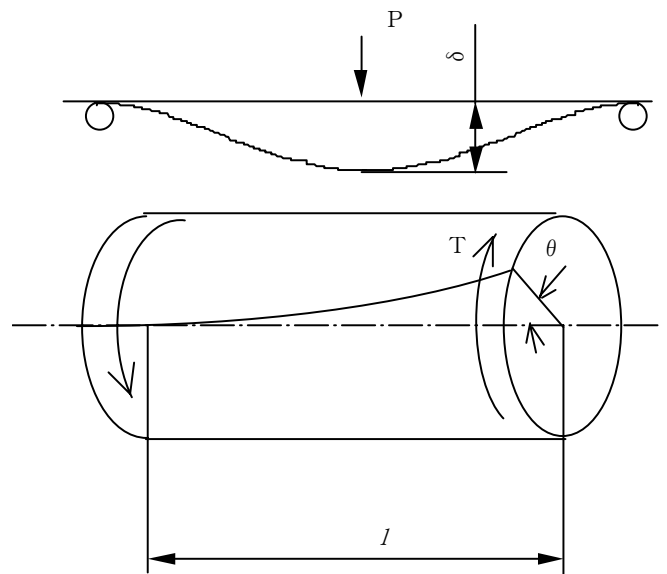
2) ねじり剛性[←]

$$t_{\theta} = \frac{T}{\theta} \quad (\text{N} \cdot \text{m}/\text{rad})$$

$$\theta = \frac{32T \cdot l}{\pi G d_2^4 (1 - n^4)} \quad ^{\leftarrow}$$

$$t_{\theta} = \frac{\pi G d_2^4 (1 - n^4)}{32l}$$

G:横弾性係数 ($G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$)[←]



3. 4 ねじと締結

3. 4. 1 ねじの用途, ねじの主な用語とねじの分類

1) ねじの用途

- (1) 締結： ボルト・ナット, 止めねじ
- (2) 運動と動力の伝達： 送りねじ, (ドリル)
- (3) 微調節： 位置あわせ
- (4) 力の増減： プレス, ジャッキ

2) 主な用語

- (1) リード (Lead) L : 同じねじ線に沿って一周したとき, 軸方向に進み距離
- (2) 有効直径 d_2 D_2 : ねじ山の幅とねじ溝の幅と等しくなる場所の直径
- (3) リード角 (Lead angle) β : ねじ線の登り角度

$$\tan \beta = L / (\pi d)$$

リード L が一定であるが, ねじ山の場所 (直径) によってリード角が変化する.

- (4) ピッチ (Pitch) P : ねじ山間の距離
- (5) 条数 n : ねじ線 (すじ) の本数

$$L = n \times P$$

3) ねじの分類 (ねじ山の形)

- (1) 三角ねじ (ねじ山は三角形) : 主として締結に用いる.
 - ・メートルねじ : ねじ山の角度が 60° , ピッチを mm で表示, 並目ねじと細目ねじがある.
 - ・ユニファイねじ : ねじ山の角度が 60° , ピッチは1インチ当たりの山数で表示, 並目ねじと細目ねじがある.
 - ・管用ねじ : ねじ山の角度が 55° , ピッチは1インチ当たりの山数で表示, ねじ山は低く, ピッチも小さい.
- (2) 角ねじ (ねじ山は矩形)・台形ねじ (ねじ山は台形) : ねじの効率が高いため主として運動と動力伝達に用いる. (ジャッキや工作機械の送り機構)
- (3) ボールねじ : 滑り抵抗を減らすため, ボールによる転がり運動を利用するねじ. 摩擦係数は小さく, 直線運動を回転運動に変えることができる.
- (4) その他 : のこ歯ねじ, 丸ねじなど

第13回(20080117)

本日の topics :

1. 角ねじのねじ面を滑らせる力Pと負荷Fとの関係 (締める場合と緩める場合)
2. 自立条件(self-lock)
3. ねじの効率

重要なお知らせ :

期末試験は1月31日(木), 14:50~16:20, B210教室

3. 4. 2ねじの力学

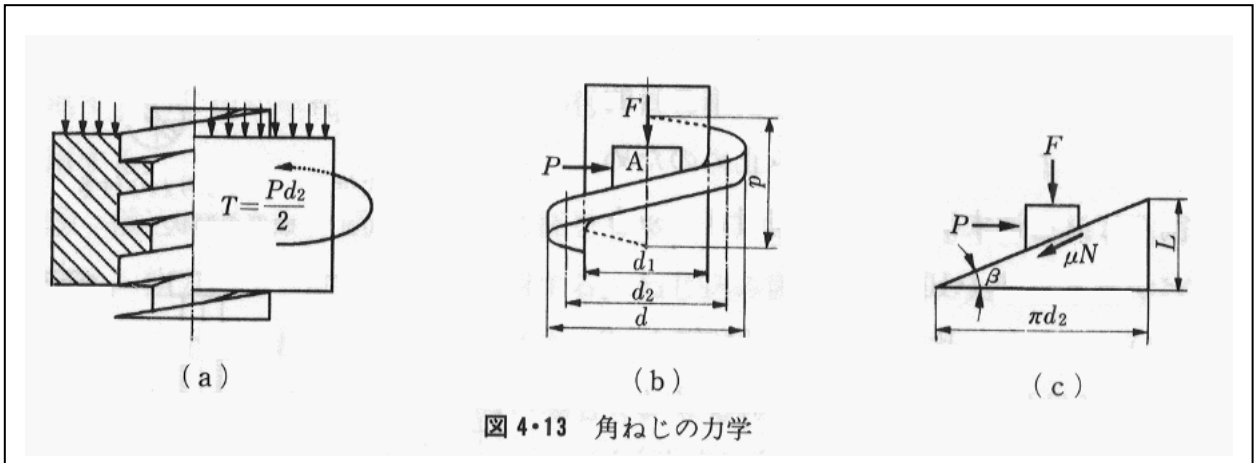


図4・13 角ねじの力学

1) ねじ面を滑らせる力Pと負荷Fとの関係 (リード角は β , 摩擦係数は μ である)

- 角ねじを締める場合 (ナットを上昇させる)

$$P \cos \beta - F \sin \beta = \mu N \quad \text{①}$$

$$N = P \sin \beta + F \cos \beta \quad \text{②}$$

$\mu = \tan \rho$ (ρ は摩擦角) とすれば

$$P = F \tan(\rho + \beta) \quad \text{③}$$

- 角ねじをゆるめるの場合 (ナットを下降させる)

$$P' = F \tan(\rho - \beta) \quad \text{⑥}$$

【宿題】

角ねじを緩める場合、緩める力 P' と荷重との関係は式⑥となることを証明せよ。

リード角 β が大きくなるに連れ、ねじをゆるめるのに必要な力 P は小さくなる。さらに、 $\beta > \rho$ にすると、 P はマイナスとなり、ねじは自然に（力を加えなくても）ゆるむことになる。したがって、ねじを締めた後、ねじが自然にゆるまないようにリード角 β を摩擦角 ρ より小さくする、すなわち、

$$\beta \leq \rho \quad (7)$$

にすることが必要である。これは自立条件 (セルフロック self-lock) と言う。

・三角ねじを締める場合、

ねじ山直角断面フランク角を α' , ねじ山直角断面上の垂直な力を N_n とすれば、
$$N_n = N / \cos \alpha' \quad (8)$$

がある。式⑧を②に代入して

$$N_n = P \sin \beta / \cos \alpha' + F \cos \beta / \cos \alpha' \quad (9)$$

が得られる。⑨と①から

$$F = N_n \cos \alpha' \cos \beta - \mu N_n \sin \beta \quad (10)$$

$$P = N_n \cos \alpha' \sin \beta + \mu N_n \cos \beta \quad (11)$$

ここで、

$$\mu' = \mu / \cos \alpha' = \tan \rho' \quad (12)$$

とすれば

$$P = F \tan(\rho' + \beta) \quad (13)$$

・三角ねじをゆるめる場合 (ナットを下降させる)

$$P' = F \tan(\rho' - \beta) \quad (14)$$

式⑫から、 $\mu' \geq \mu$, $\rho' \geq \rho$ が分かり、三角ねじの場合自立条件 ($\rho' \geq \beta$) が満足しやすい。すなわち、同じリード角において、角ねじと比べて、

- ・三角ねじの場合ゆるみにくい
- ・締め付けに必要な力が大きい

また、呼び径の同じボルトでは、細目ねじのリード角は並目ねじのリード角より小さいので、並目ねじに比べて締めるに必要な力が大きい、ゆるみの抵抗

も大きい。

例えばM10のねじの場合

並目 (M10x1.5) : ピーチ 1.5mm, 有効直径 $d_2=9.026\text{mm}$, リード角 $\beta=3.03^\circ$

細目 (M10x1.0) : ピーチ 1.0mm, 有効直径 $d_2=9.350\text{mm}$, リード角 $\beta=1.95^\circ$

2) ねじの効率

供給 (入力) 仕事 W_{in} に対する正味 (出力) 仕事 W_{out} の割合を効率 (efficiency) η と言う。

$$\eta = W_{in} / W_{out} \quad (15)$$

おねじにトルクを加え、めねじを軸方向に運動をさせることを考えて、
(締める場合)

供給仕事 : $W_{in} = P \times \pi d_2$

正味仕事 : $W_{out} = F \times L$

$$\text{効率} : \eta = F \times L / (P \times \pi d_2) \quad (16)$$

三角ねじの締め付けの場合において、式⑬を式⑬に代入し、更に $\tan \beta = L / (\pi d)$ を考慮すれば、

$$\eta = \tan \beta / \tan(\rho' + \beta) \quad (17)$$

(ゆるめる場合)

供給仕事 : $W_{in} = F \times L$

正味仕事 : $W_{out} = P \times \pi d_2$

(この場合、入力力は F で、負荷は P となり、図 4.13(c) に示すブロックは滑り降りるので、摩擦力は斜面を沿って上方向である。このとき P と F との関係は、 $P = F \tan(\beta - \rho')$ である)

$$\text{効率} : \eta' = \tan(\beta - \rho') / \tan \beta$$