

# ねじはどうして緩むか

<たかが“ねじ”されど“ねじ”>

ねじはどこにでもある機械部品であるが、いつの間にかねじがゆるんでいたりする。しかし、なぜゆるむのかについてはなかなか難しい。緩み止めとして使われるスプリングワッシャーについては、本当に効果があるのかどうか良くわからない。ねじがゆるみが原因で機械が故障することは良くあるため気は抜けない。スプリングワッシャーはねじのゆるみ止めとして有効か。ねじを真面目に考えるとなかなか面白い。「たかがねじされどねじ」である。機械工学の基本であるねじについて調べてみる。

## 1. ねじに発生する力

めねじにトルク  $T$  を加えられて軸力  $F$  が発生しているおねじには  $\sigma = F / (\pi d^2 / 4)$  なる引張応力と  $\tau = T / (\pi d^3 / 16)$  なるせん断応力が同時に作用している。この場合、軸力による引張応力の約 1.3 倍がその材料の破損応力（降伏点又は耐力） $\sigma_Y (\approx 1.3 \sigma)$  に達した時に破損が起こるとみなされる。

最大締付応力  $\sigma_{max}$  は余裕をみて  $\sigma_{max} = 0.7 \sigma_Y$  とする。 出典：機械工学便覧機械要素設計 B1-76

例：S45C のボルトの場合（引張強さ約 540Mpa、降伏点 340Mpa）

最大締付応力は  $\sigma_{max} = 0.7 \sigma_Y = 0.7 \times 340 = 238\text{Mpa}$  以下でなければならない。

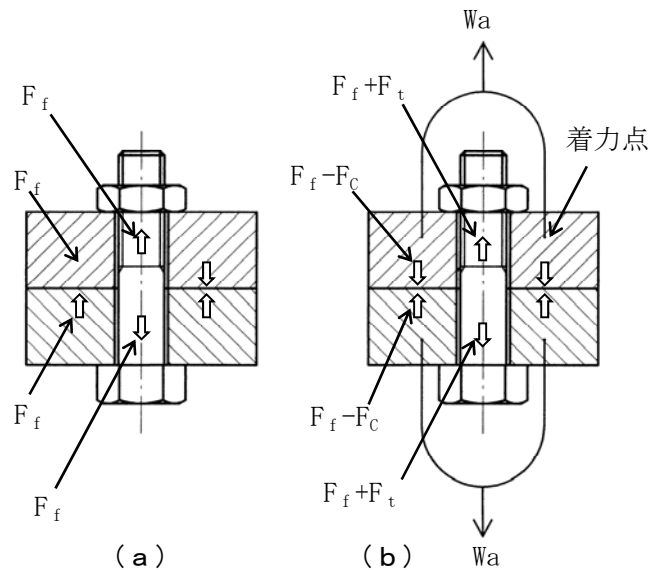
## 2. ねじ締結体に作用する外力と内力の関係

2 枚の板の中心部に 1 組のボルトナットで締め付けた（図 1-a）のボルト軸部に  $F_f$  の引張力、被締め付け板には  $F_f$  の圧縮力を生じてつりあっている。

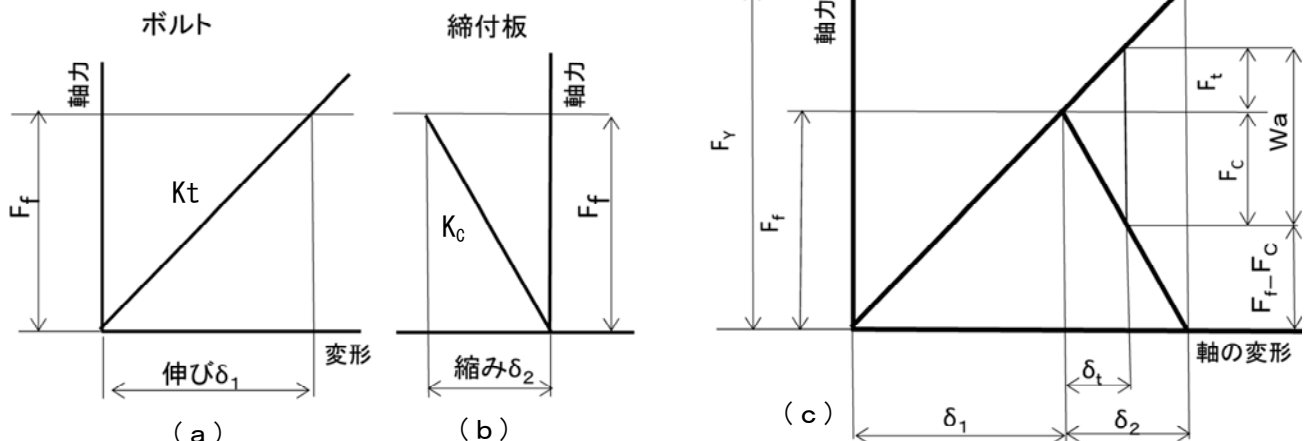
この場合、 $F_f$  を予張力（Preload）という。この締結体に（図 1-b）に示す  $W_a$  の軸方向の外力が作用した時、ボルト軸部に  $F_t$  の引張力が追加されて、 $F_f + F_t$  の軸力となり、被締め付け板からは  $F_c$  の圧縮力が失われて  $F_f - F_c$  の締め付け力となる。

（図 2-C）図から外力  $W_a$  が増加し  $F_f - F_c = 0$  となると被締め付け板への締め付け力は無くなるのがわかる。

（図 2-a、b）の  $K_t$  はボルトナット系の引張ばね定数、 $K_c$  は被締め付け板の圧縮ばね定数を表す。



（図 1）ねじ締結体に作用する外力と内力



（図 2）ねじの締付線図

出典：機械工学便覧 機械要素設計

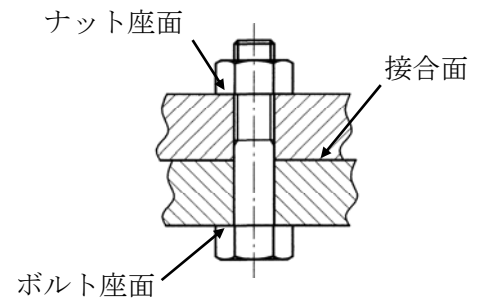
### 3. ねじの緩む理由（ナットが回転しないで生じるゆるみ）

（出典：「ねじのおはなし」山本晃、日本規格協会、「ねじ締結の原理と設計」養賢堂）

#### 1) 初期ゆるみ（接触部の小さな凹凸のへたり）

締め付け接触面の仕上げ精度、微小凹凸（図4）が振動荷重のため摩耗し平滑になるためにゆるみが発生する。

この種の緩みは、へたるだけへたっただ後は進行が止まるので、ある程度時間経過後に増し締めする。



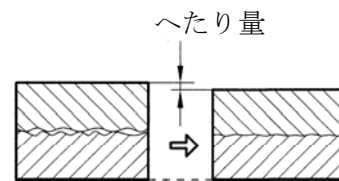
（図3）ボルトナットによる締結

#### 2) 陥没ゆるみ（ボルト座面部の被締結部材への陥没）

ねじとの接触面が締め付け力により陥没（図5）することによりゆるみが発生する。

陥没緩みは、軟らかい被締結部材を高強度ボルト・ナットで締め付ける場合に起る

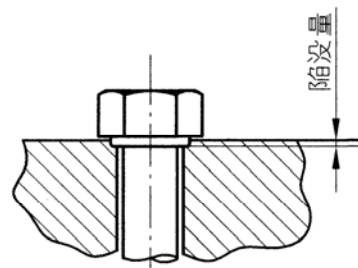
対策としてはフランジ付き六角ボルト、ナットか硬い座金を併用する。



（図4）接触面のへたり

#### 3) ガasketのへたり

配管フランジに流体の漏れを防止するために使用するガスケットは非弾性材料を内蔵しているため、外力によりへたりが進行する。一般的にへたっただ後は進行が止まるので増し締めする。



（図5）ボルトの陥没

#### 4) 熱の影響

数百度の高温で使用する場合、材料の膨張率の差でゆるみが発生する

また、炭素鋼は500°C前後で再結晶し、再結晶の際、予張力が消失する。高温にさらされる機械は注意が必要である。

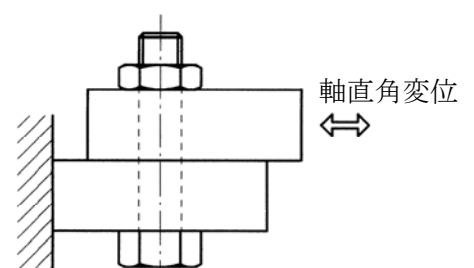
### 7. 6 ボルトが緩む理由（ナットが回転してでゆるむ）

#### 1) 軸回り回転の繰り返し

鉄の回転軸に使われるねじやメガネのつるを取り付けるねじが回転の繰り返しによってゆるむ。被締結部材同士がねじを締める方向に回転するときは座面で滑り、ねじが緩める方向に回転するときはねじ面で滑るという条件を満たしている場合に生じる。対策としてはおねじ・めねじ間に有効な回転抵抗を生じるような仕掛けする。

#### 2) 軸直角変位の繰り返し

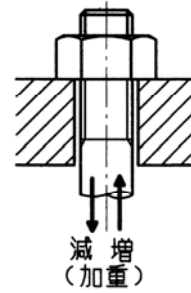
ボルトナットで締め付けられた被締結材同士にお互いに軸直角方向の繰り返し外力が作用して、ぼるとねじ山下面とナットネジ山上面がすべり、また被締結材とナット座面間で滑りが生じる。これを繰り返すことによりゆるみが生じる。



（図6）軸直角変位によるゆるみ

### 3) 軸方向荷重の増減

(図7)においてボルトに軸方向荷重を繰り返しかけたときナットが微量ながら緩み回転する。通常のねじ締結体のように外力によるボルト軸力の変動が「予張力」に比べてかなり小さい場合は、この種の緩みは起らない。



(図7)軸方向荷重によるゆるみ

### 4) 振動や衝撃的外力によるゆるみ

ねじ締結部に短い時間で激しい外力が作用すると、ねじ面に圧縮衝撃が起きる。この衝撃力が、ねじ面の押しつけ力以上になると、ボルトねじ面とナットねじ面が離れ、次の瞬間には戻って再接触する。この状態が繰り返されるといわゆるジャンピング現象となる。

対策はボルトの締め付け力を大きくすること。