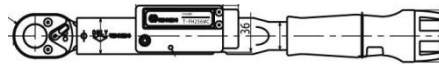


機械要素設計 14 回目 演習問題

1) および 2) の解答

1) ボルト、ナットを締め付けるにあたり、トルク管理を行うことにする。以下の図のような手動トルクレンチを用い、潤滑油等を特に使わずそのまま締める場合、掛けられる締め付けトルクはどのくらいまでになるか計算せよ。(重要)

M10 並目ねじ (有効断面積 58 mm^2) で、強度区分は 6.8, トルク係数は慣例通り $K=0.2$ とする。



強度区分	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8		9.8	10.9	12.9
							$d \leq 16$	$d \geq 16$			
呼び引張強さ(N/mm ²)	300	400		500		600	800	800	900	1000	1200
最小引張強さ(N/mm ²)	330	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220

(ヒント) 教科書 PP.70-71 例題 3.3

- ステップ 1) ねじの仕様から掛けてよい最大の軸力を算出する
- ステップ 2) 上記の工具の利用条件から掛けてよい軸力を算出する
- ステップ 3) 軸力からトルクを計算する

(解答)

強度区分から降伏点応力は $600 \times 0.8 = 480 \text{ (MPa)}$ とする。軸力は $F_{\max} = 0.8 \sigma_y A_s$ と計算されるが、但し、条件に誤差がある可能性もあり安全のため余裕を持たせ※1 $F_{\max} = 0.7 \sigma_y A_s$ と計算と計算する。このときの最大軸力は $F_{\max} = 0.7 \times 480 \text{ (MPa)} \times 58.0 \text{ (mm}^2) = 19400 \text{ (N)}$ となる。さて組み立てに際し、潤滑油を用いトルクレンチによる組立てであるから $Q=1.8$ を選択する。よって組み立て時のばらつき等の影響を勘案し、軸力は $F = F_{\max} \times (1+1/Q) / 2 = 19400 \text{ (N)} \times (1+1/1.8) / 2 = 15000 \text{ (N)}$ と算出される。トルク係数 $K=0.2$ としていることから、 $T = KFd = 0.2 \times 15000 \text{ (N)} \times 10 \text{ (mm)} = 30.0 \text{ (Nm)}$ まではトルクを掛けても良い。

※1 資料によっては保証応力 (荷重) として降伏点の 90%を示しているものもある。 $F_{\max} = 0.8 \times 0.9 \times 480 \text{ (MPa)} \times 58.0 \text{ (mm}^2) = 20000 \text{ (N)}$ としても良いこととする。

※2 有効数字に関しては 3 桁とし、設計であることから四捨五入ではなく切り捨て安全側に計算することとする。

2) ねじ棒, ナットで締結する際, これら及び部品間の隙間が完全になくなってから更に 1/10 回転回して締結した. このときの締結力 (軸力) はどのくらいになるか, 計算せよ.

M4並目ねじ(全ねじで有効断面積 8.78 mm^2 , ピッチ 0.7 mm)で, 材料はSUS304(縦弾性係数 193 GPa), ねじ頭からナットまでの長さ 200 mm とする.

なお, 余力があれば, 本当にこれだけの軸力を得ることができるか理由を添えてせよ.

(ヒント) ばね定数 $k=EA/l$

(解答)

まず, ねじのばね定数を計算する. $k=193 \text{ (GPa)} \times 8.78 \text{ (m}^2\text{)} / 200 \text{ (mm)}=8470 \text{ (N/mm)}$ 次に, 引き延ばされる長さは $0.7 \text{ (mm)} \times 1/10=0.07 \text{ (mm)}$ となる. よって, 592 (N) の軸力が発生することとなる.

ねじを回した経験から, ねじが止まってから更にドライバやレンチを回した際, ここまでの軸力が出ているようには感じられない. 言い方を変えると, しっかりとめるには, 1/10 締めた位ではないと感じられると思われる. 被締結物の構造 (形状) と物性 (縦弾性係数など) から剛体とは言えず, 変形を伴うものである. また, 座金等の併用により, ねじ頭やナット部付近の陥没変形を抑制できるので条件が変わるためである.

なお, 教科書 PP.73 – 79 および例題 3.4 にあることを勘案しなければならない.

1) ねじを締め付けた後, 予張力が加わっている. これはねじの締め付けによる軸力と被締結材のばね性が釣り合っている状態であるが, 被締結材をひきはがすように力が加わると, ねじの軸力はその分大きく, また被締結材同士の接合はその分小さくなる. 内外力比と呼ばれている.

2) ねじそのものもばね性を持つ. 本問題では, 全ねじなので有効断面積のみで考えたが, 通常のボルトでは式(3.33)のようにシャンク (ねじがない部分) との組み合わせを考慮する必要がある.

3) 被締結材もまたばね性を持ち, 平板または円筒で近似される形状モデルによってねじとの組み合わせばね定数 (コンプライアンス) を算出する必要がある. 近似であるが複雑な式を用いる

4) ねじに張力が加わるとねじの伸びおよび被締結材の変形 (クリープ, へたり) が生じ, 結果軸力が低下してしまうので, この分も考慮しておかなければならない. 組み立て後, 使用開始後に増し締めをせざるをえなくなる.

5) 従って, ねじと被締結材の組み合わせコンプライアンスから算出される被締結材に加えるべき圧縮力およびその余裕分 0.2 と変形 (へたり) に加えたものを, 最低限ねじに加えるべき最低軸力として算出し, 必ずこれを超えるよう, 締め付けトルクを管理する必要がある.