

螺栓的適當緊固軸力 / 適當緊固扭矩

■緊固螺栓時的緊固軸力及疲勞限度

- 計算緊固螺栓時的適當緊固軸力，是以力矩法的規格耐力之70%為最大值的彈性範圍以內
- 勿超過承受反覆荷重的螺栓疲勞強度容許值
- 勿使螺栓或螺帽的底座對被緊固物產生凹陷
- 勿使被緊固物因緊固而產生破損

螺栓的緊固方法有力矩法、扭矩角度法、旋轉角法、延伸測定法等，其中因為力矩法最為簡便，所以受到廣泛利用。

■計算緊固軸力與緊固力矩

緊固軸力F的關係以公式(1)表示。

$$F = 0.7 \times \sigma_y \times A_s \cdots (1)$$

緊固力矩T_W可以從公式(2)求出。

$$T_W = 0.35k(1 + 1/Q) \sigma_y \cdot A_s \cdot d \cdots (2)$$

k : 力矩係數

d : 螺栓直徑[mm]

Q : 緊固係數

σ_y : 耐力(強度區分為12.9時112kgf/mm²)

A_s : 螺栓的有效斷面積[mm²]

■計算範例

求出以內六角螺栓M6(強度區分12.9)將軟鋼與軟鋼在有油潤滑的狀態下緊固的

適當力矩與軸力。

- 從公式(2)求出適當力矩

$$\begin{aligned} T_W &= 0.35k(1 + 1/Q) \sigma_y \cdot A_s \cdot d \\ &= 0.35 \cdot 0.17(1 + 1/4) \cdot 112 \cdot 20.1 \cdot 0.6 \\ &= 138[\text{kgf} \cdot \text{cm}] \end{aligned}$$

- 從公式(1)求出軸力F

$$\begin{aligned} F &= 0.7 \times \sigma_y \times A_s \\ &= 0.7 \times 112 \times 20.1 \\ &= 1576[\text{kgf}] \end{aligned}$$

■從螺栓表面處理與被緊固物體內螺牙材質的組合所得之力矩係數

螺栓 表面處理 潤滑	力矩係數 k	組合	
		被緊固物材質 (a)	內螺牙材質 (b)
鋼螺栓 表面處理 油潤滑	0.145	SCM-FC	FC-FC SUS-FC
	0.155	S10C-FC	SCM-S10C SCM-FC S10C FC-SCM
	0.165	SCM-SUS	FC-SUS AL-FC SUS-S10C SUS-SCM SUS-SUS
	0.175	S10C-S10C	S10C-SCM S10C-SUS AL-S10C AL-SCM
	0.185	SCM-AL	FC-AL AL-SUS
鋼螺栓 表面處理 無潤滑	0.195	S10C-AL	SUS-AL
	0.215	AL-AL	
	0.25	S10C-FC	SCM-FC FC-FC
	0.35	S10C-SCM	SCM-SCM FC-S10C FC-SCM AL-FC
	0.45	S10C-S10C	SCM-S10C AL-S10C AL-SCM
0.55	SCM-AL	FC-AL AL-AL	

S10C: 未調質軟鋼 SCM: 調質鋼(35HRC) FC: 鋁鐵(FC200) AL: 鋁 SUS: 不銹鋼(SUS304)

■初期緊固軸力與緊固扭矩

螺牙No.	有效斷面積As mm ²	強度區分								
		12.9			10.9			8.8		
		降伏荷重 kgf	初期緊固力 kgf	緊固扭矩 kgf·cm	降伏荷重 kgf	初期緊固力 kgf	緊固扭矩 kgf·cm	降伏荷重 kgf	初期緊固力 kgf	緊固扭矩 kgf·cm
M 3×0.5	5.03	563	394	17	482	338	15	328	230	10
M 4×0.7	8.78	983	688	40	842	589	34	573	401	23
M 5×0.8	14.2	1590	1113	81	1362	953	69	927	649	47
M 6×1	20.1	2251	1576	138	1928	1349	118	1313	919	80
M 8×1.25	36.6	4099	2869	334	3510	2457	286	2390	1673	195
M10×1.5	58	6496	4547	663	5562	3894	567	3787	2651	386
M12×1.75	84.3	9442	6609	1160	8084	5659	990	5505	3853	674
M14×2	115	12880	9016	1840	11029	7720	1580	7510	5257	1070
M16×2	157	17584	12039	2870	15056	10539	2460	10252	7176	1670
M18×2.5	192	21504	15053	3950	18413	12889	3380	12922	9045	2370
M20×2.5	245	27440	19208	5600	23496	16447	4790	16489	11542	3360
M22×2.5	303	33936	23755	7620	29058	20340	6520	20392	14274	4580
M24×3	353	39536	27675	9680	33853	23697	8290	23757	16630	5820

(註)・緊固條件: 使用力矩扳手(表面油潤滑 力矩係數k=0.17 緊固係數Q=1.4)

・力矩係數會因為使用條件而有所變更, 本表請作為其參考標準使用。

・本表是從極東製造股份有限公司的目錄中摘錄編輯而成。

螺栓・止付螺栓・定位銷的強度

■螺栓的強度

1) 螺栓承受拉伸荷重時

$$P = \sigma_t \times A_s \cdots (1)$$

$$= \pi d^2 \sigma_t / 4 \cdots (2)$$

Pt : 軸方向的拉伸荷重[kgf]
 σ_b : 螺栓的降伏應力[kgf/mm²]
 σ_t : 螺栓的容許應力[kgf/mm²]
($\sigma_t = \sigma_b$ 安全率a)
A_s : 螺栓的有效斷面積[mm²]
 $A_s = \pi d^2 / 4$
d : 螺栓的有效徑(公徑)[mm]

(例) 求出一支內六角螺栓在承受P=200kg的反覆(單震)拉伸荷重時適當的尺寸。

(內六角螺栓材質: SCM435、38~43HRC、強度區分為12.9。)

從公式(1)

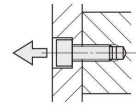
$$\begin{aligned} A_s &= P / \sigma_t \\ &= 200 / 22.4 \\ &= 8.9[\text{mm}^2] \end{aligned}$$

∴以比此值更大的有效斷面積從右表

查出可用14.2[mm²]的M5。

另外如果考慮到疲勞強度的話, 可以從

表中的強度區分12.9選擇容許荷重213kgf的M6。



2) 像等高螺栓一樣需要承受拉伸衝擊荷重時, 請從疲勞強度選擇。(同樣承受200kg的荷重, 等高螺栓的材質為: SCM435、33~38HRC、強度區分為10.9。)

從右表可以查出強度區分10.9的容許荷重在200kg以上時應該用318[kgf]

的M6。再選擇有M6的螺牙部軸徑為10mm的MSB10。另外需承受剪斷荷重時請併用定位銷。

■止付螺栓的強度

求出止付螺栓MSW30在承受衝擊荷重時的容許荷重P。

(MSW30的材質: S45C、34~43HRC的拉伸強度 σ_b 為65kgf/mm²)

MSW的公徑部位承受剪

應力而破損的話,

容許荷重P = $\tau \times A$

$$= 3.9 \times 107.4$$

$$= 4190[\text{kgf}]$$

$$\text{剪斷面積} A = \text{公徑} d \times \pi \times L$$

$$(\text{公徑} d \approx M - P)$$

$$A = (M - P) \pi L = (30 - 1.5) \pi \times 12$$

$$= 1074[\text{mm}^2]$$

$$\text{降伏應力} \approx 0.9 \times \text{拉伸張力} \sigma_b = 0.9 \times 65 = 58.2$$

$$\text{剪應力} \approx 0.8 \times \text{降伏應力}$$

$$= 46.6$$

$$\text{容許剪應力} \tau = \text{剪應力} / \text{安全係數} 12$$

$$= 46.6 / 12 = 3.9[\text{kgf/mm}^2]$$

攻牙孔為柔軟材質時, 可從內螺牙公徑求出容許剪應力。

■定位銷的強度

求出一支定位銷在承受800kgf的反覆(單震)剪斷荷重時適當的尺寸為何。

(定位銷材質: SUJ2、硬度58HRC ~)

$$P = A \times \tau$$

$$= \pi D^2 \tau / 4$$

$$D = \sqrt{(4P) / (\pi \tau)}$$

$$= \sqrt{(4 \times 800) / (3.14 \times 19.2)}$$

$$\approx 7.3$$

∴如為MS的定位銷, 請選擇D8以上大小。

另外如果能將定位銷的尺寸統一為較大的話, 可以減少工具與庫存。

對應SUJ2的降伏應力 $\sigma_b = 120[\text{kgf/mm}^2]$
容許剪斷強度 $\tau = \sigma_b \times 0.8$ 安全係數a
 $= 120 \times 0.8 / 5$
 $= 19.2[\text{kgf/mm}^2]$

■以拉伸強度為基準的Unwin安全率a

材料	靜荷重	反覆荷重		衝擊荷重
		單震	雙震	
鋼	3	5	8	12
鋁	4	6	10	15
鋼、柔軟金屬	5	5	9	15

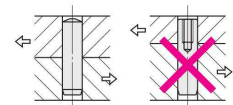
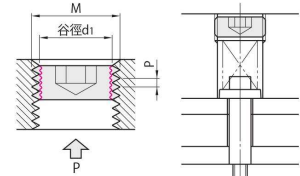
容許應力 = $\frac{\text{基準強度}}{\text{安全率} a}$ 基準強度: 延展性材料時為降伏應力
脆性材料時為破斷應力

強度區分12.9的降伏應力為 $\sigma_b = 112[\text{kgf/mm}^2]$
容許應力 $\sigma_t = \sigma_b$ 安全係數(從上表查出安全係數5)
 $= 112 / 5$
 $= 22.4[\text{kgf/mm}^2]$

■螺栓的疲勞強度 (為螺絲時: 疲勞強度為200萬回)

螺牙No.	有效斷面積As mm ²	強度區分			
		12.9		10.9	
		疲勞強度* kgf/mm ²	容許荷重 kgf	疲勞強度* kgf/mm ²	容許荷重 kgf
M 4	8.78	13.1	114	9.1	79
M 5	14.2	11.3	160	7.8	111
M 6	20.1	10.6	213	7.4	149
M 8	36.6	8.9	326	8.7	318
M10	58	7.4	429	7.3	423
M12	84.3	6.7	565	6.5	548
M14	115	6.1	702	6	690
M16	157	5.8	911	5.7	895
M20	245	5.2	1274	5.1	1250
M24	353	4.7	1659	4.7	1659

疲勞強度* 是從「小螺絲類、螺絲以及螺帽用公制螺絲的疲勞限度推測值」(山本)摘錄修訂而成。



使用時請不要讓螺牙部位承受負荷。

本頁所刊載的全部都是強度計算方法的其中一例。實際上應該考慮到孔間間隙精密度、孔垂直度、表面粗度、真圓度、板材材質、平行度、有無淬火處理、壓力機械的精密度、產品的生產數量、工具的磨損等各種條件。因此, 請利用強度計算值作為參考標準。(並非保證值)