

9 . 六角穴付きボルトに関する Q & A

六角穴付きボルトに関して、流通あるいは、ユーザーの皆様からよくご質問を受けるものについて、Q & Aのスタイルでまとめました。

問 1	六角穴付きボルトの強度区分で、10.9 12.9 また、A2-50 A2-70 と表示されているが、何を意味していますか？
-----	---

[答] 1) 強度区分記号 10.9 12.9

これは鋼製の場合で、10.9 の 10 及び 12.9 の 12 の数字は、強度レベルを表示し、小数点の .9 は引張り強さと耐力の比を示します。

例えば 12.9 の表示の時引張り強さが、1220 N (124Kgf) /mm² (MIN) であり、その 1/100 がと 12 と表示され、耐力は $1220 \times 0.9 = 1098$ 1100 N (112Kgf) /mm² であるように、その比率が .9 と表示されます。

2) 強度区分記号 A2-50 A2-70

これはステンレス鋼製の場合で、A2-50 , A2-70 としていますが、A2 とは、

A : オーステナイト系ステンレス鋼を示します。

2 : 化学組成の区分 (グループ) を示し、50 , 70 は強度レベルを表し、各々 500 N (51.0Kgf) /mm²、700 N (71.4Kgf) /mm² の引張り強さを示します。

3) 引張り強さ、耐力、保証荷重応力

* 引張り強さは、引張り試験機にて、ボルトの耐えた最大荷重を有効断面積で除した値。

* 耐力は引張り試験にて、永久伸びが 0.2% 残るであろうという点における応力。

ISO 規格では、実験的に引張り強さの 9 割、8 割... と便宜上決めていきます。

[例] 10.9 1040 × 0.9 940 N (95.9Kgf) /mm²

12.9 1220 × 0.9 1100 N (112Kgf) /mm²

* 保証荷重応力は、引張り試験にて、ボルトが永久伸びを生じてはならない点の応力。

ISO 規格では、実験的に耐力との比率で想定されています。

10.9 耐力の 88% [例] 940 × 0.88 830 N (84.6Kgf) /mm²

12.9 耐力の 88% [例] 1100 × 0.88 970 N (98.9Kgf) /mm²

問2 ボルトの強度と呼び径の関係が、M20 までが 12.9、M22 以上が 10.9 となっている理由は？

[答] 規格上は区分出来ませんが、ボルトメーカーでは製造する上で、材質的、コスト的な見地、及びユーザにおいては M22 以上は、12.9 の強度に対し十分なトルク管理が困難であることが予想される事から、ボルトメーカーでは便宜上 M22 以上のサイズは強度区分 10.9 として生産しています。

問3 12.9 強度のボルトには、めっき品がないのは何故か？

[答] 高強度ボルトは遅れ破壊の危険性があり、特に引張り強さでは $1200\text{N}(124\text{Kgf})/\text{mm}^2$ 以上、硬さでは HRC40 以上になると破壊感受性が急増するとされている。このため、水素脆性の起因となるめっき処理を強度区分 12.9 に施すことは控えています。

問4 ボルトの破断原因として、どのような要因がありますか？

[答] ボルトの破断様式を分類すれば次のようになります。

- 1) ゆるみ破壊
- 2) 引張り破断
- 3) ねじ山のせん断破壊
- 4) 疲れ破壊
- 5) 遅れ破壊

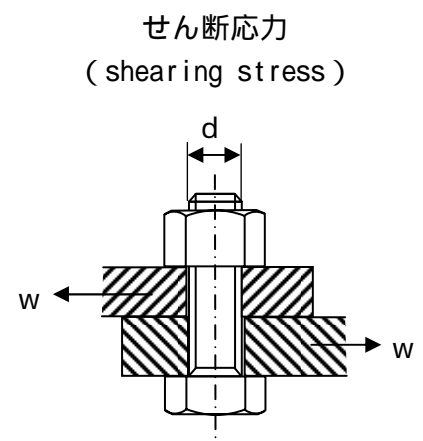
A) 外的要因：腐食環境（海岸地帯、工業地帯）、温度（温度差の激しい地帯）

B) 内的要因：ボルトの強度レベル、化学成分、非金属介在物

C) 表面処理による影響

問5 せん断応力とは？

[答] せん断応力 (shearing stress) 図のようにボルトなどにせん断力が作用するとき生じる応力。これは断面に沿って接線方向に生じるので接線応力ともいう。一般に軸部のせん断強度は、引張り強さのおよそ 60% であります。



問 6	保証荷重応力とは何か？
-----	-------------

[答] 保証荷重応力は引張り試験にて、降伏点または、耐力の約 90% に設定された荷重（保証荷重）をかけ 15 秒間保持し、ボルトが永久伸びを生じてはならない点の応力。
保証荷重試験は、製品に対して行う検査で降伏点（耐力）を調べる為の代用試験であります。

問 7	有効断面積とは何か、それはどのように算出するのか？ また何故、谷径断面積を使わないのか？
-----	---

[答] ねじの有効断面積は、JIS B 1082 で規定され、主としておねじ部の応力計算に用いられることに決められております。最近では、疲れ強さの応力計算でも、締結設計の判断上有利なことから、谷径断面積ではなく、有効断面積が用いられるようになりました。
メートルねじの有効断面積 A_s は、次の式(1)または(2)によって求めることができます。

$$A_s = \frac{1}{4} \left[\frac{d_2 + d_3}{2} \right]^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

または、

$$A_s = 0.785 (d - 0.9882 P)^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 A_s : メートルねじの有効断面積 (mm²)

d : おねじ外径の基準寸法 (mm)

d_1 : おねじ谷の基準寸法 (mm)

d_2 : おねじ有効径の基準寸法 (mm)

d_3 : d_1 からとがり山の高さ H の 1/6 を減じた値

$$\left[d_3 = d_1 - \frac{H}{6} \right] (\text{mm}) \quad H : \text{とがり出の高さ} (H = 0.866025 P) (\text{mm})$$

P : ねじのピッチ (mm)

: 円周率

下表には、メートル系並目ねじにおける有効断面積を示す。

ねじの呼び(mm)	M1.6	M2	M2.2	M2.5	M3	M3.5	M4	M5	M6	M7	M8	M10
ピッチ(mm)	0.35	0.4	0.45	0.45	0.5	0.6	0.7	0.8	1	1	1.25	1.5
有効断面積(mm ²)	1.27	2.07	2.48	3.39	5.03	6.78	8.78	14.2	20.1	28.9	36.6	58

ねじの呼び(mm)	M12	M14	M16	M18	M20	M22	M24	M27	M30	M33	M36	M39
ピッチ(mm)	1.75	2	2	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5	3.5	4	4
有効断面積(mm ²)	84.3	115	157	192	245	303	353	459	561	694	817	976

問 8	SCM435 の鋼材の JIS 規格と、SCM435 を使用している六角穴付きボルトでは、熱処理の焼き戻し温度が違ってきます。 従って、材料が JIS 規格を満足していないのではないかと？
-----	---

[答] 鋼材の JIS 規格は、JIS G 0303 の 4 . に規定する標準供試材に加工し、適当な温度で熱処理を施し、試験した値であり材料が適正であるかを判断するものである。
したがって、六角穴付きボルトの熱処理条件とは異なります。

問 9	締結体における外力はどのような配慮が必要ですか？
-----	--------------------------

[答] 振動外力が作用したときでも被締付け物が所定量の圧縮力を残していること。
ボルトにおける最大の等価応力（ねじりと引張りの複合応力）が破損応力（ボルトの耐力）を超えないこと。
ボルトに発生する振動応力が疲れ限度を超えないこと。
座面の陥没が進行しないこと。

問 10	ステンレス鋼製ボルトを低温で使用した場合、何度まで耐え得るか？
------	---------------------------------

[答] ボルト本体のデータは有りませんが、ステンレス鋼の低温域での使い分けは次のようになっています。従って、ボルトもこの基準によって使い分けしても良いものと考えます。

- 1) 18Cr-8Ni 系ステンレス鋼（代表鋼種：SUS 304、SUS XM7）
- 196 の極低温まで使用可能です。

SUS 304、SUS XM7 で作るボルトは冷間加工を受け硬化するが、低温に於ける機械的性質は、加工硬化を受けないものと同様な挙動傾向を示すので、素材と同一レベルで使用可能と考えます。

- 2) 13Cr ステンレス鋼（代表鋼種：SUS 410）

焼なまし、焼入焼戻しのどちらの状態でも、- 50 まで使用可能です。

- 3) 17Cr ステンレス鋼（代表鋼種：SUS 430）

- 20 まででは使用可能ですが、製造ロットによるバラツキを考慮した場合、あまり低温では使用しない方が良いと考えます。

問 11 強度区分 12.9 のボルトの使用温度範囲は？

[答] およそ - 50 ~ + 300 の範囲となりますが、温度が高くなると引張り強度が低下し、また相手部材との関連も含めて注意を要します。

右表の値は、常温を超え 300 に至るまでの 4 段階に於けるおおよそのデータで、温度の上昇に従って機械的性質が低下する目安を示したものであります。

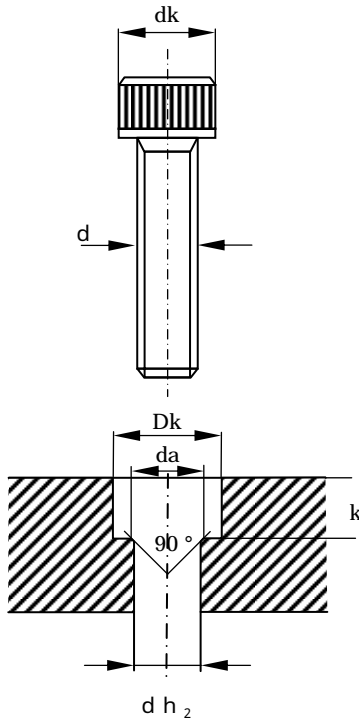
常温を超える温度における下降伏点または耐力
(JIS B 1051 参考付表より抜粋)

強度区分	温度				
	+20	+100	+200	+250	+300
	下降伏点又は耐力 N/mm ² (Kg/mm ²)				
8.8	640 (65.3)	590 (60.2)	540 (55.1)	510 (52.0)	480 (48.9)
10.9	940 (95.9)	875 (89.2)	790 (80.6)	745 (76.0)	705 (71.9)
12.9	1100 (112)	1020 (104)	925 (94.3)	875 (89.2)	825 (84.1)

問 12 六角穴付きボルトのざぐり穴径、及び面取り径は？

[答] 規格としては有りませんが、下表を参考として示します。

六角穴付きボルトのざぐり穴の径、及び面取り径の表 (参考)



ねじの呼び	頭部外径	面取り径	エンドミル刃径	ざぐり穴径	*ボルト穴径 2 級	ざぐり穴深さ
d	dkmax.	da	Dk	Dkmin.	dh ₂	k'
1.6	3.14	2	4	3.62	1.8	1.6
2	3.98	2.6	5	4.74	2.4	2
2.5	4.68	3.1	5.5	5.44	2.9	2.5
3	5.68	3.6	7	6.44	3.4	3
4	7.22	4.7	8.5	8.16	4.5	4
5	8.72	5.7	10	9.58	5.5	5
6	10.22	6.8	12	11.36	6.6	6
8	13.27	9.2	15	14.81	9	8
10	16.27	11.2	18	17.81	11	10
12	18.27	13.7	21	20.43	13.5	12
14	21.33	15.7	24	23.49	15.5	14
16	24.33	17.7	27	26.49	17.5	16
18	27.33	20.2	30	29.99	20	18
20	30.33	22.4	33	32.99	22	20
22	33.39	24.4	37	36.17	24	22
24	36.39	26.4	40	39.17	26	24
27	40.39	30.4	45	44.17	30	27
30	45.39	33.4	50	49.17	33	30
33	50.39	36.4	55	54.31	36	33
36	54.46	39.4	59	58.38	39	36
39	58.46	42.4	63	62.38	42	39
42	63.46	45.6	68	67.38	45	42
45	68.46	48.6	73	72.38	48	45
48	72.46	52.6	78	77.38	52	48
52	78.46	56.6	84	83.38	56	52

ざぐり穴径の計算式 $Dkmin = dmax + (dh_2 - d) + (dk \text{ の偏芯公差 })$

* JIS B 1001 によるボルト穴径 2 級

ざぐり穴加工用のエンドミルは、これらの数値より太径をご使用ください。

問 13	国際単位系（SI 化）への切換に関し、機械試験値の単位と換算について。
------	-------------------------------------

[答] SI 単位は、絶対単位系であるため重力加速度（9.80665m/S）が関係する力の単位が従来単位（重力単位）と異なります。SI 単位化により、次の規定事項が改正されます。

1) 機械試験値の単位と換算

項 目	従来単位	SI 単位	対象となる試験値
重量、質量	重量	質量	_____
力	Kgf	N	荷重
応力	Kgf/mm ²	N/mm ²	引張り強さ、降伏点、耐力
圧力	Kgf/cm ²	Pa	水圧、油圧、空圧
仕事、エネルギー	Kgf-m	J	吸収エネルギー

SI 単位の機械試験値は、従来単位値に換算係数 9.80665 をかけることで得られます。

2) JIS で切換が必要な単位

項 目	従来単位の記号	SI 単位及び併用してよい単位記号	換 算 値
力	Kgf	N	1 Kgf = 9.80665 N
圧力	Kgf/cm ² atm (気圧)	Pa Pa	1 Kgf/cm ² = 9.80665 × 10 ⁴ Pa 1 atm = 1.01325 × 10 ⁵ Pa
応力	Kgf/cm ²	N/m ² 又は Pa (N/mm ² 又は MPa)	1 Kgf/mm ² = 9.80665 × 10 ⁶ N/m ² = 9.80665 N/mm ² = 9.80665 × 10 ⁶ Pa = 9.80665 MPa
エネルギー 仕事	Kgf-m Kgf-m/cm ² erg	J J/cm ² J	1 Kgf-m = 9.80665 J 1 Kgf-m/cm ² = 9.80665 J/cm ² 1 erg = 10 J