

ボルト・ねじを使用するための安全な取扱い

著者	島田 和彦, 中本 順子, 本山 英明, 岩本 慎二
雑誌名	技術報告
巻	20
ページ	63-68
発行年	2015-03-10
出版者	静岡大学技術部
URL	http://doi.org/10.14945/00009250

ボルト・ねじを使用するための安全な取扱い

○ 島田 和彦、中本 順子、本山 英明、岩本 慎二
静岡県大学（技術部 教育支援部門）

1. はじめに

ボルトは部品と部品の締結・固定を果たす部品として欠かせないものである。機械工作機には一般ボルト、力が掛かるエンジンにはヘッドボルト、腐食するドラフト装置には塩ビボルトなど多種多様なボルトと工具が使用されている（写真1）。材質の異なる塩ビボルトを一般ボルトと同じように取り扱って壊してしまうことがよくある。そこで、ボルトの大きさ、材質とボルトの切れる破断点との関係を調べた。また、技術職員が作業現場でボルト・ねじを扱うことが多々あるので、使用に当たってどんなことに気を付ければ良いか考える研修会を開催した。

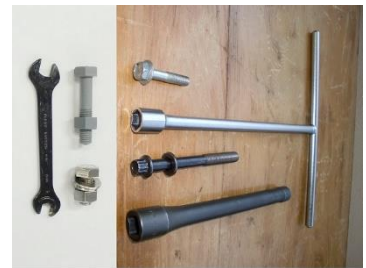


写真1 ボルトと工具

2. 研修日程

- 一日目 午前： ボルトの破断トルク測定
- 午後： ネジを使ったエアシリンダ配管
- 二日目 午前： ボルトの破断トルク測定の結果発表（ワークショップ）
ボルトについて座学
ネジのトラブル解消の一例

参加者： 6名（教育支援部門 5名、情報支援部門 1名） + 2名（講師）

3. ねじ、ボルトについて

3.1 ネジの種類

・ウイトねじ（インチねじ）

1841年、イギリスでウイトウォースがねじ山角55度のインチねじを標準化した。現在の主たる用途は国内の建築関係である。

・ユニファイねじ（インチねじ）

1864年、アメリカでウィリアム・セラーズがウイトウォースねじに改良を加え、ねじ山角60度のインチねじ（ユニファイねじ）を標準化した。現在の主たる用途は航空機・アメリカ自動車である。

・メートルねじ

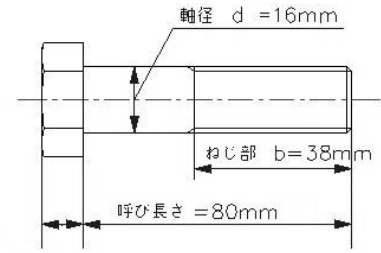
ねじ山角は60度である。JISのメートルねじは1949年、日本では日本工業規格（JIS）によってねじの標準規格が作られた。現在の主たる用途は古い国内品（M5以下）が多い。1965年、ISO（国際標準化機構）のメートルねじを導入、日本工業規格に標準化され現在に至っている。現在、国内のほとんどの製品に使用されている。

ピッチとは隣り合ったねじ山の距離をミリ単位で表すもので、通常（ $P=○○$ ）と表記され、特に記載されない場合は標準ピッチ（並目）である。並目より間隔の狭い物は細目・極細目と呼ぶ。また、ウイトやユニファイ等のインチねじの場合は、一般的に1インチ（25.4mm）あたりの山の数で（ $○○$ 山）と表現されている。

細目ねじはゆるみ密さの微調整が必要、肉薄による強度不足補強の場合などに用いられる。メートルネジの規格の抜粋を表1に示す。また、ガス管などに使用される管用ネジ規格の抜粋を表2に示す。

表1 メートルネジの基準寸法 (単位 mm)

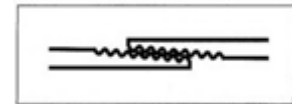
	ねじの呼び	ピッチ	山の高さ	外径	谷径
並目ネジ	M3	0.5	0.271	3	2.459
	M4	0.7	0.379	4	3.242
	M5	0.8	0.433	5	4.134
	M6	1	0.541	6	4.917
	M8	1.25	0.677	8	6.647
	M10	1.5	0.812	10	8.376
	M12	1.75	0.947	12	10.106
細目ネジ	M12x1.5	1.5	0.812	12	10.376
	M12x1.25	1.25	0.677	12	10.647
	M12x1.0	1	0.541	12	10.917



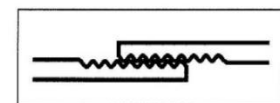
六角ボルト M16x80 図面

表2 管用ネジ (ガスネジ) の寸法 (単位 mm)

ねじの種類 (1982年にISO に準じるためJISを改正)	ISO規格	旧JIS規格	
管用テーパねじ (水密、気密を必要とする部分)	R	PT	JIS B0203
管用平行ねじ (機械的接合を主目的とする部分)	G	PF	JIS B0202



管用テーパねじ



管用並行ねじ

ねじの呼び		ねじ山数 (25.4mmにつき)	ピッチ	めねじ 谷径
管用テーパ ねじ	管用平行 ねじ			おねじ 外径
R 1/16	G 1/16	28	0.9071	7.723
R 1/8	G 1/8	28	0.9071	9.728
R 1/4	G 1/4	19	1.3368	13.157
R 3/8	G 3/8	19	1.3368	16.662
R 1/2	G 1/2	14	1.8143	20.955
R 3/4	G 3/4	14	1.8143	26.441
R1	G1	11	2.3091	33.249
R1 1/4	G1 1/4	11	2.3091	41.910
R1 1/2	G1 1/2	11	2.3091	47.803
R2	G2	11	2.3091	59.614

3.2 ボルトとトルク

ボルトを締め付ける力を増やしていくと、ある時点からボルトは完全に元の形には戻らなくなる。この境界を「降伏点」といい、ボルトが完全に元に戻る範囲を「弾性域」、完全に元に戻らなくなる範囲を「塑性域」という。ボルトをさらに締め付けていくと、最終的にねじ切れてしまう。この点を「破断点」という (図1)。そこで、ボルトは弾性域の範囲内で使用する必要がある。

トルク (英語: torque) は、ある固定された回転軸

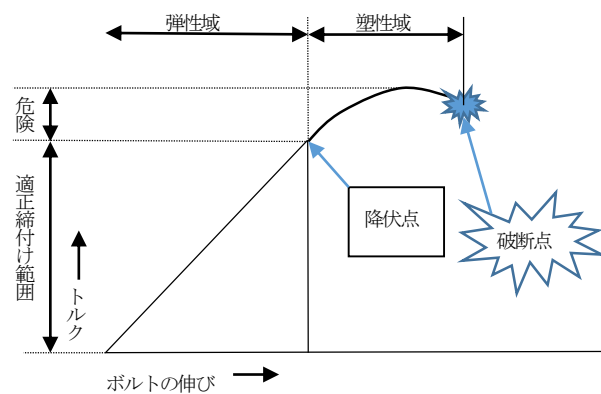


図1 トルクと歪の関係

を中心にはたらく、回転軸のまわりの力のモーメントである。

$$T = F \times L \quad (\text{N} \cdot \text{m})$$

例えば、1mの長さのレンチで100N（約10kgf）の力をかけた時のトルクは100N・m（約10kgf・m）となる。

力（F）が等しいとき、腕の長さ（L）が長いほうが物体を回転させる効果（トルク：T）が大きくなる。

ボルトの用途の違いによる締め付けトルクを表3に示す。

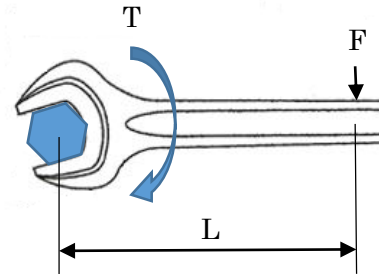


図2 力とトルクの関係図

表3 ボルトの標準締め付けトルク

ボルトの二面幅寸法(mm)			ネジの呼び径	参考標準締め付けトルク(N・m)			
六角	小形	六角穴付		普通ボルト	0.5系列	1.8系列	2.4系列
7	-	3	M4	1.5	0.75	2.7	3.6
8	-	4	M5	3	1.5	5.4	7.2
10	-	5	M6	5.2	2.6	9.2	12.2
13	12	6	M8	12.5	6.2	22	29.5
17	14	8	M10	24.5	12.2	44	59
19	17	10	M12	42	21	76	100
JIS B1180	JIS B1180	JIS B1177	用途	一般	電子製品	車両、エンジン	建設
			材質	SS,SC	CR,CB,AB	SCr,SNC	SCr,SNC

アルミ：AB、黄銅：CR、銅：CB

炭素鋼鋳造品：SC

一般構造用圧延鋼：SS

合金鋼の記号表記

クロム鋼：SCr

ニッケルクロム鋼：SNC

合金鋼の記号表記：含有される成分を表記

クロム(Cr)：C、ニッケル(Ni)：N

一般的な締め付けトルクの計算法は次のようになる。

$$T = K \times d \times P$$

T=ねじの締め付けトルク

d=ねじの呼び径

P=ねじの推奨締め付け軸力（保証荷重応力 x 0.8）

K=トルク係数（0.17とする）

例) 強度区分4.8 M12のボルトの場合

$$T = 0.17 \times 12 \times (310 \times 84.3 \times 0.8) = 42,649.05 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$= 42,649.05 / 1000 = 42.6 \text{ N} \cdot \text{m} \text{ (ニュートンメートル)}$$

(単位をN・mにする為に1/1000を掛ける)

ボルトの強度区分と締め付けトルクの関係を表4に示す。

材料別による引張強さを表5に示す。

表4 ボルトの強度区分と締め付けトルクの関係

ねじの呼び (並目)	保障荷重応力(N/mm ²)	強度区分			
		4.8	8.8	10.9	12.9
		310	600	830	970
有効断面積 mm ²		締め付けトルク [N・m]			
M4	8.78	1.5	2.9	4.0	4.6
M5	14.2	3.0	5.8	8.0	9.4
M6	20.1	5.1	9.8	13.6	15.9
M8	36.6	12.3	23.9	33.1	38.6
M10	58	24.5	47.3	65.5	76.5
M12	84.3	42.6	82.5	114.2	133.5

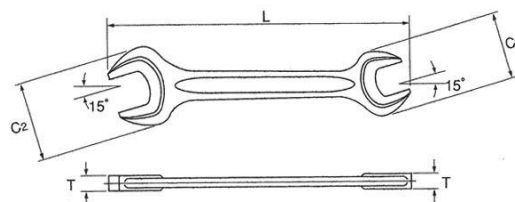
表5 材料別による引張強度

材料名	引張強度 単位: N/mm ²
炭素鋼(軟鋼) SS400	450
炭素鋼(硬鋼) S55C	749
ステンレス鋼 SUS304	520
純アルミ A1050	80
ポロプロピレン PP	29 ~38
ポリ塩化ビニル 硬質PVC	34.3 ~61.7

スパナは六角ボルト・ナットなどの組付けや取り外しに使われる工具である。片方だけに口を持ったものを片口スパナ、両方に口を持ったものを両口スパナと呼ぶ。また頭の形が丸形と、とがっているやり形とがある。スパナの全体の長さや厚みは、JIS で決められているが、JIS より長さを長く、厚みを薄くして使いやすいようにしたものも作られている。口の角度は、柄の中心線に対して約 15 度と JIS で決められている。この角度は狭い場所で作業できるようにつけられたものである。スパナの日本工業規格の番号は JIS B4630 となっている。その規格の一例を表 6 に示す。

表6 丸形両口スパナ

六角二面幅(mm)	C1(mm)	C2(mm)	T(mm)	L(mm)
8×10	22	26	5	120
10×12	26	30	6	130
10×13	26	33	6.5	135
12×14	30	35	7	140
14×17	35	41	8	165
17×19	41	45	9	180
19×21	45	50	10	200
19×24	45	56	11	220



日本工業規格のめがねレンチは JIS B4632、コンビネーションスパナは JIS B4651 となっている。

4. ボルトの破断トルク測定とトルクレンチ

ボルトの締め付けトルク測定などで使用した工具、プレート形トルクレンチ (小 (6-60N・m : 6sq)、中 (50-460 : 9)、大 (100-920 : 12))、スパナ、モンキー、ソケット・ドライバーなどを写真 2 に示す。



写真2 トルク測定工具

4.1 トルクレンチを使用した締め付けトルクと緩み始めトルクの関係 (戻しトルク法) を図 3 に示す。締め付けたボルトは締め付けトルクの約 8 割で緩むことが分かった。

4.2 径の違いによる強度 4.8 ボルトの破断点の関係を図 4 に示す。ボルトの破断トルクが有効断面積に比例していることが分かった。

4.3 材質の違いによる 8mm ボルトの破断トルクを図 5 に示す。破断トルクは材料別の引張強さにほぼ比例した。

4.4 工具の違い (長さ) による締め付けトルク、力の比較を図 6 に示す。工具の長さが変わってもボルトに加える力はほぼ一定であった。結果、トルクは長さに比例した。

4.5 中古ラチェット式トルクレンチ2本をプレート式トルクレンチで検定を行った結果を図7に示す。検定が必要なことが分かる。

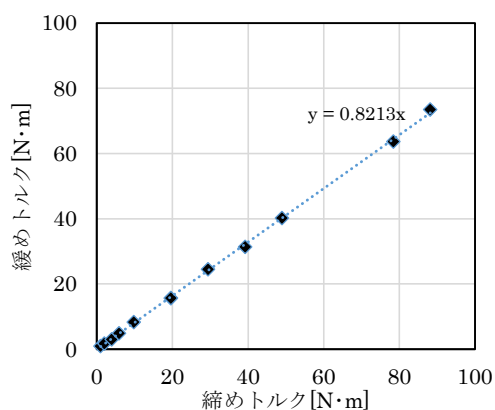


図3 ボルトの締めと緩みの繰り返し

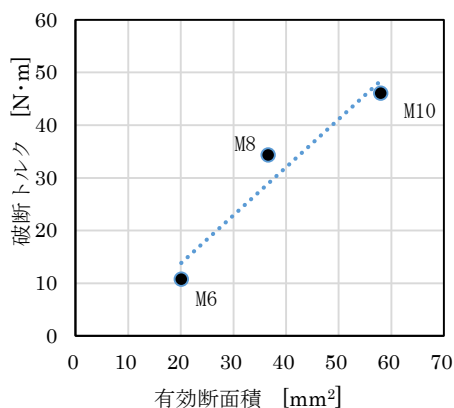


図4 有効断面積と破断点の関係

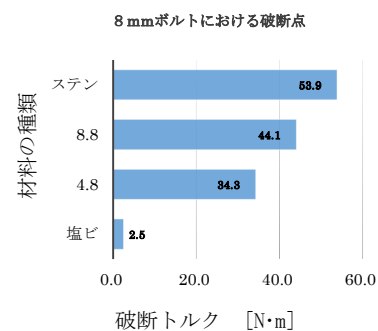


図5 ボルトの材質と破断点の関係

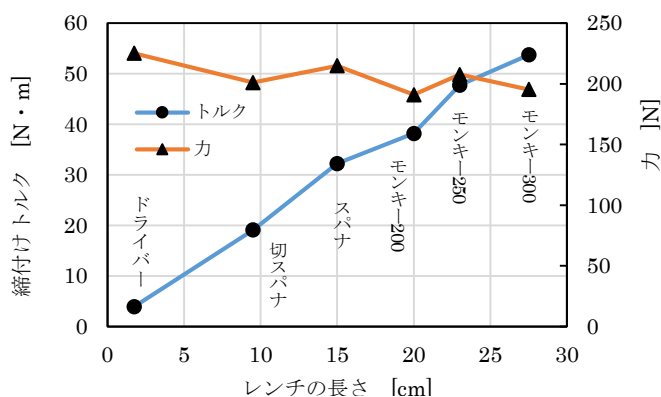


図6 工具と締め付けトルクの関係

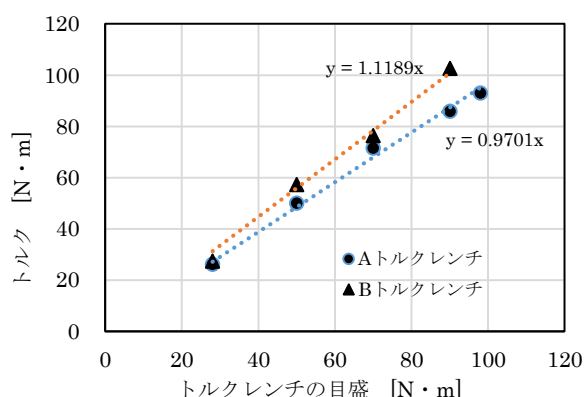


図7 トルクレンチの検定

以上の結果より、ボルトの材料・用途により適切な締め付けトルクがあり、また、適切な締め付け工具があることが理解できた。

5. 錆びついたネジ、ナメてしまったネジの外し方

錆びついたり、外せなくなったネジは最初に浸透性油を塗り半日以上待ってからネジを外す。それでも外れない場合は次の方法がある。

- ① 掴める場所があれば、ペンチで掴みながら回す。出来ればバイスプライヤーを使用する。
- ② プラスネジなら残った端の山にマイナスドライバーをあてがい、ハンマーで叩きながら回す。
- ③ ヤスリやタガネで溝を切った後、②の操作と同じ。
- ④ ハンマーとポンチでネジ外周部に引っかかり箇所を作り回す。これと同じ原理でインパクトドライバーがある。
- ⑤ ネジに下穴をあけ、逆ネジビットを入れ左回転する。
- ⑥ ネジをバーナーであぶり熱を与え（20秒位）、軽くハンマーで叩いた後眼鏡レンチでゆっくりと回す。
- ⑦ 最終手段として、ナットブレーカーでナットを割る、ネジの頭をタガネ、金ノコ、ドリル、ヤスリ、サンダーなどで落とす。



写真3 錆びたネジの外し方に使用した工具

6. ネジを使ったエアシリンダ配管

最初に6mmのナイロンチューブを使用して図8の配管を作成し操作した。R (PT) ねじの部分のみ、シールテープを使用する。次に、フレアリング作成ツールを使用して10cmの長さの1/4インチ銅管にフレアを各自1本作成する。作成した銅管を直列に接続した部品を図のストレートジョイントとチーズとの間に挿入し、エアシリンダを操作する。このとき、フレア部分から空気が漏れていないことを接続部に少量のせっけん水を付けて確認する。

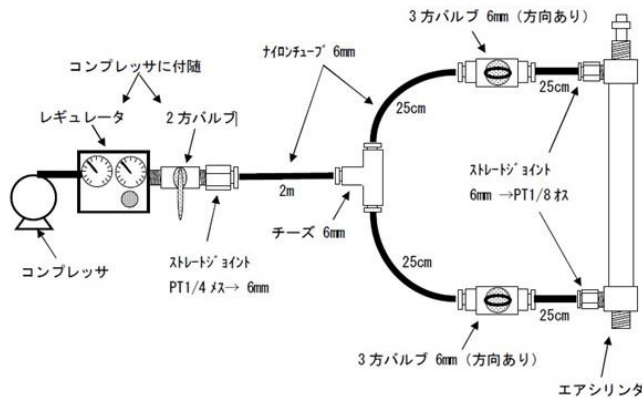


図8 エアシリンダ配管図



写真4 エアシリンダ操作

7. おわりに

6人に行った研修で研修終了後にとったアンケート（回収率100%）では、実習、座学とも全員から良かったとの評価を得た。また、アンケートで質問した回答を見ると

① 錆びたネジを取る方法の1つを覚えましたか？（ Yes、 No ）

Yesと答えた人は、それは何ですか？（ ）

回答 Yes 6人（バイスプライヤー 4人、インパクトドライバー 2人）

② 塩ビボルトの締め付けに適した工具は？（スパナ、モンキー、T型レンチ、ソケットドライバー）

回答 ソケットドライバー 6人

③ ワークショップで行ったボルトの破断トルク測定結果発表の形式は以下の通りとなった。

パワーポイント発表 1人

エクセル発表 3人（内、別紙：1人）

ホワイトボード発表 2人

アンケートより、今回行った研修 "ボルト・ねじを使用するための安全な取扱い" の目的を達成できたことが分かった。

謝辞

トルク測定にあたり、機械工具などを貸していただいた機械工学科に感謝します。また、研修にあたり、静岡大学・物質工学科学生実験室・基本技術実習の物品などを貸していただき、化学バイオ工学科（旧物質工学科）木村元彦教授に感謝します。

参考図書

[1] 木村元彦：静岡大学・物質工学科・基本技術実習指導書（2013）

[2] 大西清：JISにもとづく機械製作図集（オーム社）（2013）