ねじの機械的性質と強度的使用効率

小林光男^{*1}, 羽部恭介^{*2}, 後藤芳樹^{*1}, 内田靖友^{*1}

Mechanical properties and Strength use efficiency of Screw

Mitsuo KOBAYASHI^{*1}, Kyosuke HABU^{*2}, Yoshiki GOTOH^{*1}, Yasutomo UCHIDA^{*1}^{*1} Kogakuin University, Department of Mechanical Systems Engineering
Nishishinjyuku 1-24-2, Shinjyuku-ku, Tokyo, 163-8677 Japan^{*2} Hitachi Appliances, Inc., Nishishimbashi 2-15-12, Minato-ku Tokyo, 105-8410 Japan

Although a large number of studies have been made on screw threads, little is known about mechanical screw. The aim of this paper is to improve the reliability of bolted screw joint design by clarifying the relationship between hardness and tensile strength and strength use efficiency of cross recessed pan head mechanical screw. In conclusion, (1) Real tensile strength of mechanical screw products is lower than the value estimated by relational expression, (2) Tightening axial force has a constant limiting value, (3) Strength use efficiency decreases as the nominal diameter becomes bigger.

Key Words : Machine element , Small screw , Tightening , Mechanical property , Strength use efficiency

1. 緒言

ねじ締結体においてその機能を十分に生かすためには、使用されるねじに適正な締付け力を与えることが重要であるが、それを決定することは容易ではない¹⁾。機械構造物及び精密機器などの締結には多くのねじが使用され、特に電気・電子機器においては小ねじの使用が多い。一方、小ねじの使用においては比較的安易な締結が行われ、機器の搬送中及び使用中に生じる振動・衝撃によりねじのゆるみなどの軸力低下による使用不能及び機能低下が問題になっている。

本報告は、小ねじ製品の強度評価について検討したものである。先ず、小ねじ製品の硬さ試験及び引張試験による機械的性質を求め、ビッカース硬さと引張強さの関係を調べ、硬さから引張強さの推定の可能性について検討する。次に、小ねじの締付けを行う作業環境を想定して、トルク法による締付け試験を行い、小ねじで使用する締付け軸力と材料が持っている強度を実験的に求め、強度的使用効率として比較したものである。

2. 実験方法

2.1 供試材

実験に用いたねじ試料は、アルミニウム合金 (A5056) 製、純チタン製、鋼 (SS400) 製、ユニクロメッキ処理された鋼 (SS400) 製小ねじ製品の計 4 種の十字穴付

きなべ小ねじ (図 1 参照) で、呼び径は M3~M6、ねじ部長さ L は 30mm のものを使用した。

2.2 機械的性質の試験

2.2.1 硬さ試験

硬さ試験は、ビッカース硬さ HV で行い、試験荷重 1N 一定とする。ねじ部を研削及び研磨し、内部の硬さを 3箇所測定する。荷重保持時間は 30sec である。

2.2.2 製品の引張試験

供試品のねじを図 2 のように、少なくともねじの呼び径と同じ長さの遊びねじ部に引張荷重が加わるようにナット又は適当な治具をはめ合わせ、軸方向以外の引張荷重が加わらないようユニバーサルジョイントを取り付けた後、軸方向の引張試験を行う。破断位置に関係なくそのときの最大引張荷重をねじ部の有効断面積で除して引張強さ σ_B を求める。

なお、試験中にねじ山がせん断破壊した場合や、試験後にナットが指の力で取り外せない場合はダブルナットを使用し、はめあい長さを増して再試験をする。

2.3 締付け試験

2.3.1 締付け力と締付けトルク

図 3 に実験の概略を示す。締付け管理方法はトルク法を用いて行う。圧縮型ロードセルに座金を介し、トルク表示付きプラスドライバーを用いてねじの締付けを行い、締付け力と締付けトルクの関係を求める。ひずみゲージ変換式ロードセルからデジタル荷重計により締付け力を求め、締付けトルクは最大測定値 4 Nm グリップ

^{*1} 正員, 工学院大学 工学部 機械システム工学科
(〒163-8677 東京都新宿区西新宿 1-24-2)
E-mail: at73299@ns.kogakuin.ac.jp

Fig. 1 Cross recessed pan head machine screw

Fig. 2 State of tensile test

Fig. 3 Tightening test

直径 37mm のトルク表示付きプラスドライバーの値を読み取る。測定範囲を超えた場合は、最大トルク値 8 Nm グリップ直径 42mm のものに変更し実験を継続する。

2. 3. 2 最大軸力と破壊位置

本実験における最大軸力 $F_f \max$ は、試験中(a)ねじ頭部の破壊、(b)ねじ部の破壊、また(c)人間が与えることのできる締付けトルクの限界のいずれかが生じた瞬間の値と定義する。また、そのときの締付けトルクを最大締付けトルク $T_f \max$ とする。ねじ山がせん断破壊した場合はダブルナットを使用し、はめあい長さを増して再試験をする。

2. 3. 3 強度的使用効率

強度的使用効率とは、締付け試験の結果より得られた最大軸力を引張試験の結果より得られた降伏点荷重の値で除し割合で表したものである。

3. 実験結果及び考察

3. 1 小ねじ製品の硬さと引張強さの関係

硬さ試験及び引張試験の結果を図 4 に示す。図中の式

$$\sigma_B \approx 3.27HV^{(3)} \quad (1)$$

は日本における各種構造用鋼の硬さと引張強さの関係を直線的に近似したものである⁴⁾。本実験で得られた小ねじ製品の硬さと引張強さの関係を図中の近似式

$$\sigma_B^* = 2.47HV + 44 \quad (2)$$

に示す。式(1)より引張強さを推定した場合、実際的小ねじ製品の引張強さよりも高い値を示すことがいえる。強度が高い材料ほどその差は大きい。

3. 2 締付け試験による最大軸力 $F_f \max$

締付け試験の結果を表 1 及び図 5 及び図 6 に示す。材料、呼び径に関わらず、最大締付け軸力 $F_f \max$ はほぼ一定の値を

Table. 1 Result of tightening test

Material	Nominal diameter r	$T_f \max$ N · m	$F_f \max$ N	Failure part
Aluminum alloy (A5056)	M3	90	580	(a)
	M4	200	1050	(a)
	M5	360	1070	(a)
	M6	480	1090	(a)
Pure titanium	M3	130	980	(a)
	M4	290	1160	(a)
	M5	540	1170	(a)
	M6	800	1200	(c)
Steel (SS400)	M3	160	1300	(b)
	M4	430	1320	(a)
	M5	600	1450	(a)
	M6	500	1490	(c)
Plated Steel (S400)	M3	170	1280	(b)
	M4	250	1310	(a)
	M5	620	1300	(a)
	M6	660	1240	(c)

Fig. 4 Relationship between hardness and tensile strength

Fig. 5. Change of maximum tightening axial force

示している。ねじ部の強度よりもねじ頭部の強度が低いことが原因と考えられる(表 1 参照)。強度の高い純チタン及び鋼製のねじで呼び径 M6 のものに関しては、頭部又はねじ部の

Fig 6 Change of maximum tightening axial force

破壊荷重に達する前にドライバーを用いて人間が与えることのできる締付けトルクの限界に達し、軸力を一定以上増加させることができない。

3.3 強度的使用効率

強度的使用効率を図7に示す。呼び径、降伏点荷重が大きい材料ほど強度的使用効率は低下していることがいえる。材料の強度が高く、サイズの大きい小ねじを選択することはねじの破壊を防ぐことに繋がるが、使用効率が悪く、ゆるみの原因にもなる。図中、アルミニウム合金M3の使用効率が低いのはねじ頭部の強度が非常に低く、他の材質と異なるためである。

4. 結 言

以上の各種材料及びサイズの小ねじ製品について機械的性質を求め、締付け特性の実験結果から検討を行い主な結論を次に示す。

Fig.7 Change of strength use efficiency by nominal diameter

- (1) 硬さより引張強さを推定した場合、実際の小ねじ製品の引張強さよりも高く評価している。
- (2) ねじ頭部の破壊強度がねじ部の破壊強度よりも低い。
- (3) 材料や呼び径に関係なく、ドライバーを用いて与えることのできる締付け軸力には限界があり一定の値を示す。
- (4) 呼び径が大きくなるにつれ、強度的使用効率は低下する。

参考文献

- 1) 小林 光男 他：ねじのトライボロジー，トライボロジスト，43-2（1998）
- 2) 小林 光男 他：小ねじの降伏点締付け，日本機械学会論文集，60-6（2006）
- 3) 山本 普 他：ビッカース硬さと引張強さの関係について，材料試験技術，42-3（1997）
- 4) 吉沢 武男：硬さ試験法とその応用，裳華房（1977）