

3229 タッピンねじによるプラスチック製部品の締付け試験

Tightening Test of Plastics Parts by Tapping Screws

○正 齊当建一 (室蘭工大) 正 松本大樹 (室蘭工大)
学 蛭名哉友 (室蘭工大)

Ken-ichi Saitoh, Muroran Institute of Technology, Mizumoto-cho 27-1, Muroran, Japan
Hiroki Matsumoto, Muroran Institute of Technology
Naoto Ebina, Muroran Institute of Technology

Tapping torque, tightening torque and tightening force in the tightening of tapping screw are measured in consideration of the hole size for threading, the length of engagement and the condition of lubrication for the purpose of the optimum design of the joint with tapping screw. The results of these tests are compared with the theory proposed by G.W.Ehrenstein and et al¹⁾. As the result it is clarified that the tapping torque can be predicted fairly well, while the tightening torque and tightening force don't agree with these measurement, especially in case of large hole size.

Key Words: Tapping Screw, Tightening Test, Tapping torque, Tightening Torque, Tightening Force

1. はじめに

タッピンねじは、予めめねじを加工したりナットを使うことなく、直接ねじ自身によってめねじを成形する締結方法であり、生産性の高い締結要素である。しかし、タッピンねじのはめあいねじ部の強度は一般の締付け用ボルト・ナットと異なり、ねじ込み材の材質、下穴径、ねじ込み長さなどのねじ込み材の設計条件に左右されるため、標準化することが困難である。

タッピンねじの締付けにはトルクを管理するのが一般的であるが、適正なトルクの決定には多くの因子が影響する。特にねじ山を成形中のねじ込みトルクとねじ頭部が被締結体に着座した後に発生する締付けトルクを正確に把握する必要がある。そこで本研究では、ねじ込み材がプラスチック材料の場合について、ねじ込みトルクおよび着座後の締付けトルクと締付け力に注目して、これらに及ぼすねじ込み材の下穴径、ねじ込み長さ、潤滑の影響を実験的に検討すると共に提案されている予測式¹⁾と比較している。

2. 実験方法

図1に締付け試験装置の主要部を示す。一定回転数 $n=15\text{rpm}$ でタッピンねじ① (JIS B 1122, 十字穴付きなべタッピンねじ-1種-5×40) を締付ける。予め下穴を加工したABS樹脂製のねじ込み材③は下部締結体⑥に固定されており、タッピンねじがねじ込み材にめねじを成形する。ねじ頭部が上部締結体②に着座して発生する締め付け力 F は検出器④で測定される。またねじ込み過程でビットに発生するトルク M は検出器⑦で測定される。

図2に締付け試験で得られる測定値の概念図を示す。めねじ成形中に発生するトルクの極大値をねじ込みトルク M_E 、その後着座した後に発生するトルクの極大値を破断トルク M_L とする。破断トルクで締付け力は最大値となり、これを締結力 F_T とする。下穴径は $d_k=4.5, 4.7\text{mm}$ とし、ねじ込み長さ $L_E=10, 15, 20\text{mm}$ 、潤滑条件は無潤滑とシリコーン離型剤を塗布した場合を比較する。

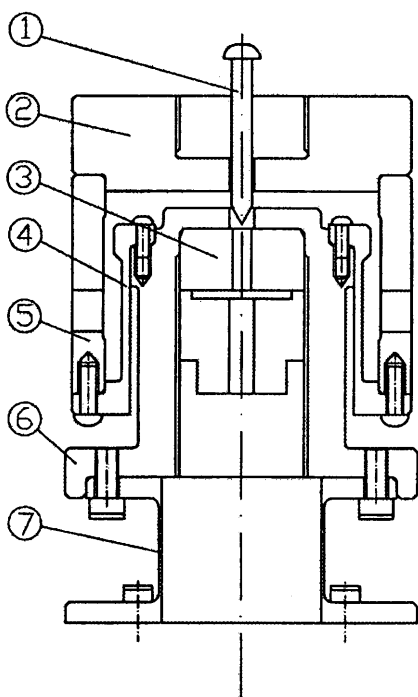


Fig.1 Experimental setup for tightening test

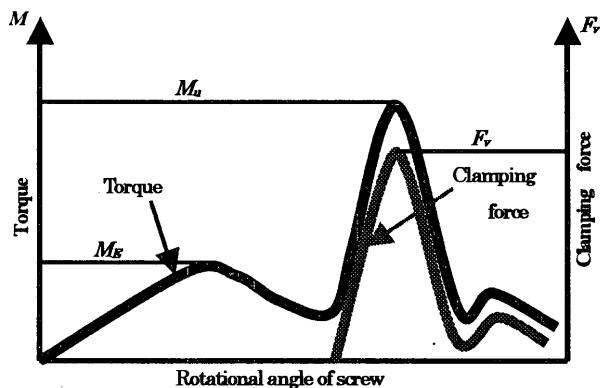


Fig.2 Schematic diagram of tightening test

3. 予測の考え方

図3には、タッピンねじのねじ先で成形した後の完全ねじ部とねじ込み材との関係を示す。文献¹⁾によれば、タッピンねじをねじ込むときに必要なトルクは、ねじ込み材にめねじを成形するためのトルク M_{Form} とめねじとの摩擦によるトルク M_{Frob} によって構成される。そこでねじ部外径 d 、締結材下穴径 d_k 、ピッチ P 、ねじ山フランク角 β 、ねじ込み材の引張降伏応力 σ_f とすると、成形トルク M_{Form} は、

$$M_{Form} = \frac{1}{\sqrt{3}} \sigma_f \left\{ (d-d_k) \tan \frac{\beta}{2} + 2 \sqrt{\left(\frac{d-d_k}{2} \right)^2 \left(1 + \tan^2 \frac{\beta}{2} \right)} \right\} \sqrt{\left(\frac{\pi d + 2d_k}{3} \right)^2 + P^2 \left(\frac{d + 2d_k}{6} \right)^2} \quad \dots(1)$$

さらに、摩擦トルク M_{fric} は

$$M_{fric} = \frac{\sigma_f(1+\alpha)\mu_s l_E(d-d_k)(d+d_k)}{2\sqrt{3}\cos\frac{\beta}{2}} \sqrt{\left(\frac{d+d_k}{2}\pi\right)^2 + P^2} \quad \dots(2)$$

ここで、 α : 塑性変形により成形されためねじの扇角、 μ_s : タッピンねじとめねじ部との摩擦係数、 l_E : ねじ込み長さである。

次に、成形されためねじが破断する時の破断トルク M_u は

$$M_u = \frac{\sigma_f \pi d l_E}{2\sqrt{3}} \left\{ d \frac{P \cos\frac{\beta}{2} + \mu_w \pi d}{\pi d \cos\frac{\beta}{2} - \mu_w P} + \frac{1}{2} \mu_w (d_w + d) \right\}, \quad \tan\beta' = \tan\beta \cos\theta \quad \dots(3)$$

ただし、 μ_w : ねじ頭部とねじ込み材における摩擦係数、 θ : タッピンねじのリード角である。またタッピンねじ頭部が上部締結体に着座し、締め付けを行うときの締結力 F_v は

$$F_v = \frac{1}{\sqrt{3}} \sigma_f \pi d l_E \quad \dots(4)$$

である。

ここで、計算に用いる μ_s と μ_w については、一般の締結用ねじの式²⁾における締め付け力と締め付けトルクを図2の F_v と M_u とし、さらに $\mu_s = \mu_w$ と仮定して求める。その結果は、潤滑の有無によって違いがみられるので、計算にはそれぞれの平均値を用いる。またねじ込み材の引張降伏応力は材料試験から求める。

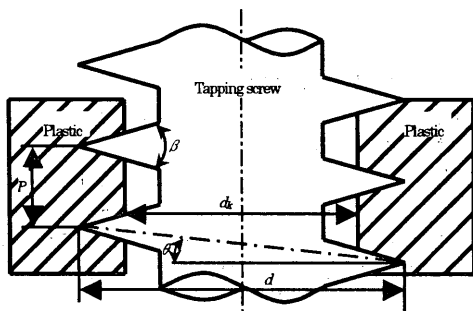


Fig.3 Dimensions of threaded region

4. 結果の検討

4.1 実験結果の特徴 図4と5に下穴径 $d_k=4.5$ と 4.7mm の場合について、ねじ込みトルク M_E と破断トルク M_u を示す。ねじ込みトルクは、ねじ込み長さと共にわずかに増加するが、離型剤の塗布により低下する。破断トルクについても、ねじ込み長さと共に増加する傾向にあり、やはり離型剤の塗布によってトルクが低下傾向にある。しかし、ねじ込みトルクに比べて破断トルクはばらつきが大きく一様な傾向を示さない。特に $d_k=4.7\text{mm}$ の場合にその傾向が顕著である。図6と7に示す締結力を見ると、破断トルクと同様に $d_k=4.7\text{mm}$ の場合にばらつきが大きい。

4.2 予測結果との比較 図4と5から、ねじ込みトルクの計算値は、実験結果をかなり精度良く予測している。しかし、破断トルクの計算値は高めの予測となっており特に $d_k=4.7\text{mm}$ の場合に実験値との開きが大きい。

図6と7に示す締結力の予測は、タッピンねじの外径 d におけるプラスチックのせん断破壊を仮定しているため、単にねじ込み長さのみの一次関数であって、下穴径 d_k には依存しない。 $d_k=4.5\text{mm}$ の場合はかなり精度良く予測しているが、破断トルクと同じく、 $d_k=4.7\text{mm}$ の場合の実験値はばらつきが大きく、全体としてかなり低い値を示す。これは、 $d_k=4.7\text{mm}$ の場合ねじ山の引っかけり高さが小さいため、下穴とタッピンねじの軸ずれによる影響が大きくなりプラスチックの破壊モードが純粹なせん断を起こしにくくしているためと思われる。

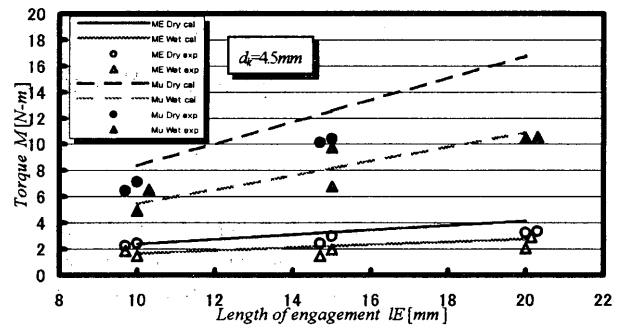


Fig.4 Tapping torque ME and tightening torque Mu ($d_k=4.5\text{mm}$)

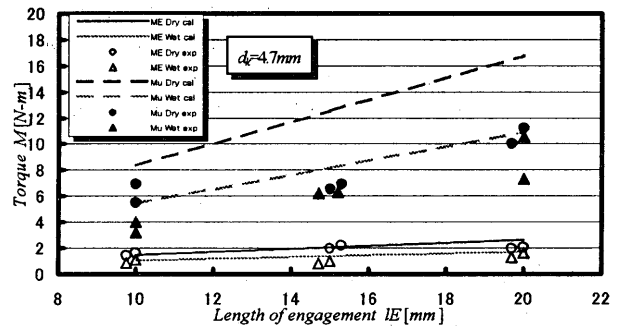


Fig.5 Tapping torque ME and tightening torque Mu ($d_k=4.7\text{mm}$)

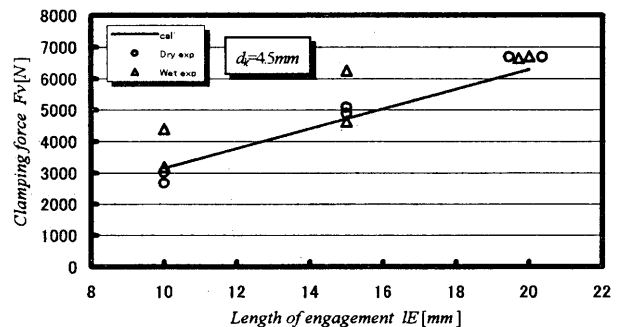


Fig.6 Clamping force F_v induced by torque Mu ($d_k=4.5\text{mm}$)

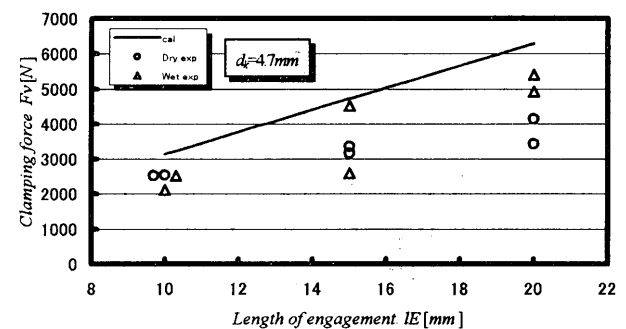


Fig.7 Clamping force F_v induced by torque Mu ($d_k=4.7\text{mm}$)

5. おわりに

- (1) タッピンねじのねじ込みトルクについては、潤滑の有無に関わりなく安定しており、比較的精度良く予測できる。
- (2) 着座後において、破断トルクと締結力については、ばらつきが大きく、予測が難しい。特に締結力は下穴径の違いによる差が大きい。

参考文献

- 1) G. W. Ehrenstein, et al. : Kunststoffe, 72, 11 (1982)
- 2) 吉本勇編 : ねじ締結体設計のポイント, 日本規格協会 (2002)