

論文

アルミタッピンねじの耐疲労性及び締付け特性の評価

舟山義弘^{*1)} 増子知樹^{*1)} 田中貴浩^{*2)} 高橋 護^{*3)}

Evaluation of the fatigue resistance and tightening characteristics of aluminum alloy tapping screws

Yoshihiro FUNAYAMA, Tomoki MASUKO, Takahiro TANAKA and Mamoru TAKAHASHI

Abstract An evaluation was carried out on the fatigue resistance and tightening characteristics (screwing performance and holding force) under standard temperature, atmospheric and corrosive environment conditions of samples that were prepared by applying anodic oxide coating and electroless nickel-plating to an aluminum alloy tapping screw (nominal designation of thread: 6). The result was as follows: The fatigue strength of 10^7 cycles under the normal temperature atmosphere was 15.8 MPa for the anodic oxide coating sample and 17.5 MPa for the electroless nickel-plating sample. The fatigue strength of 10^7 cycles under corrosive environment conditions was 10 MPa for both samples, low at about 60% of that under standard temperature and atmosphere conditions, which implied the necessity of specifying application environment. On the other hand, the screwing performance and holding force of both the samples were about the same value, displaying better tightening performance compared with that of a stainless steel tapping screw.

Keywords Aluminum alloy, Tapping screw, Fatigue resistance, Tightening characteristic, Stainless steel

1. はじめに

現在、各業界では小型軽量化及びリサイクル化が求められており、これに伴いアルミ部品が増えている。この部品締結には同質のアルミ合金ねじが締結性能やリサイクルの面で優れており¹⁾、この開発が行われ導入されている。特に、小型軽量化された部品締結にはタッピンねじによる組立が多く、多様化した部品は動的な繰返し負荷が加わるようなところにも使用され、この耐疲労性や締付けの信頼性が特に重要となっている。

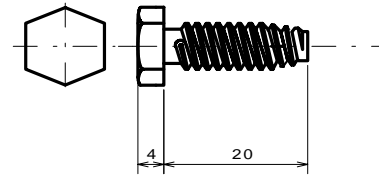
しかし、アルミタッピンねじの耐疲労性や締付け特性（ねじ込み性や保持力）については、信頼性のあるデータが殆ど公表されていないのが現状である。製品の信頼性、性能の向上が今後さらに強く求められることが予想され、この疲れや締付け不良に対する対策が不十分なままでは、責任問題に発展する恐れがある。

本研究は、アルミタッピンねじの疲労破壊や締付け不良によるゆるみ等の防止を目的に、表面処理を変えたアルミタッピンねじの耐疲労性や締付け特性について評価を行った。

2. 実験方法

*1) 技術評価室 *2) 城東地域中小企業振興センター

*3) (株)ナテック



試料（ねじの呼び 6）

材質 : A 7050
引張強さ : 574 MPa (鋼製ボルトの強度区分 6. 8 相当)
ねじり強さ : 9. 30 N・m
熱処理 : T771 処理
表面処理 : アルマイト処理と無電解ニッケルめっき処理

図 1 実験試料

2.1 実験試料

実験試料は、図 1 に示すアルミタッピンねじ（形状：3 種）で、表面処理は現状のアルマイト処理（陽極酸化皮膜処理）と、今後増えると考えられる無電解ニッケルめっき処理（以下無電解めっき処理、膜厚：5 μm）の両試料を対象とし、両試料の耐疲労性及び締付け特性を評価するとともに、この性能の差異についても検討した。

引張強さは、表面処理に関係なく約 574 MPa で、JIS B 1051 「鋼製ボルト・小ねじの機械的性質」²⁾の強度区分 6.8 に相当する強度を有し、心部硬さは 198HV である。ねじり強さは、これも表面処理に関係なく約 9.30 N・m で、JIS B 1055 「鋼製及びステンレス鋼製タッピンねじの機械的性質」²⁾

の鋼製タッピンねじ3種の13.2N・mの約70%,ステンレス鋼製タッピンねじ3種(以下ステンスタッピンねじ)の8.83N・mの約105%の強度を有する。

2.2 耐疲労性の評価方法

実験方法は、JIS B 1081「ねじ部品の引張疲れ試験方法」²⁾の規格を主に準用した。試験条件は、4 応力振幅段階で両試料単体を常温大気中及び腐食環境下で一定応力比 $R_s = 0.1$ の平均応力で繰返し応力を加えた。また、S-N線図はべき乗回帰の式を用いて作成した。耐疲労性の評価を行った実験装置は、50kNの疲労試験機で繰返し速度を5~11Hzとした。腐食環境下は、図2に示す塩水中で行うジグ及び水槽を設計・製作し、これを疲労試験機に装着し水槽内で繰返し応力を加えた。なお、この腐食条件は3.5%塩水(塩化ナトリウム水)でpH6.5±0.5とした。

2.3 締付け特性の評価方法

実験方法は、日本ねじ研究協会の規格(FRS 9102)を準用し、ねじ込み試験と保持力試験を行った。ねじ込み試験方法は、図3に示すように試料をねじ込み材にねじ込み、この最大ねじ込みトルクを測定した。この実験装置を図4に示す。なお、ねじ込み材の形状等を図5に示す。また、保持力試験は、図6に示すようにねじ込み材にねじ込んだ試料をジグに載せ20kN精密万能試験機によりこの最大保持力を測定した。

3. 結果及び考察

3.1 耐疲労性

両試料の常温大気中及び腐食環境下でのS-N線図を図7に示す。これより常温大気中では、両試料の各応力段階の

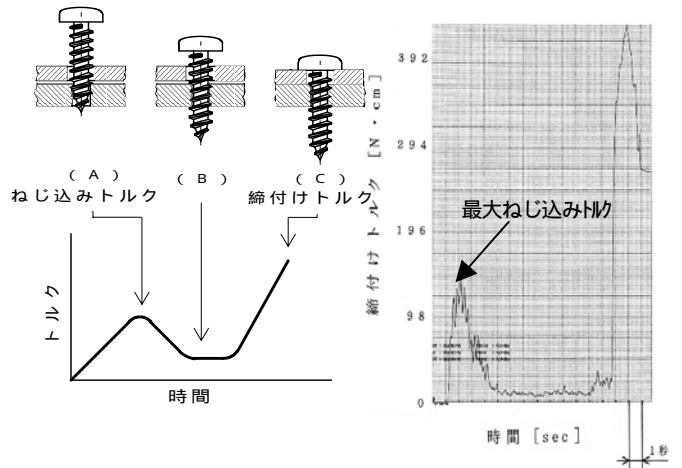


図3 ねじ込み試験方法
ねじ込み試験装置

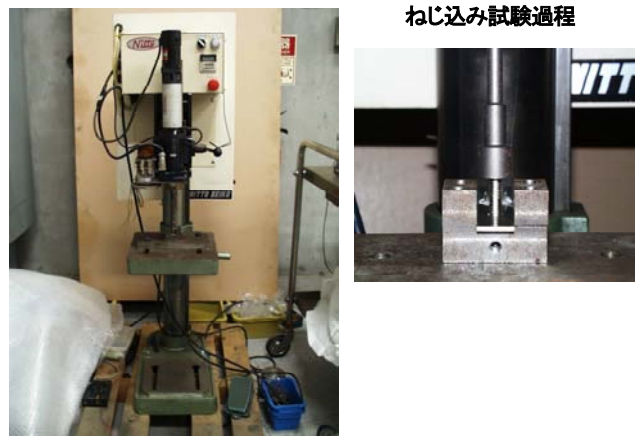


図4 ねじ込み試験装置



図2 腐食環境下での疲労試験方法

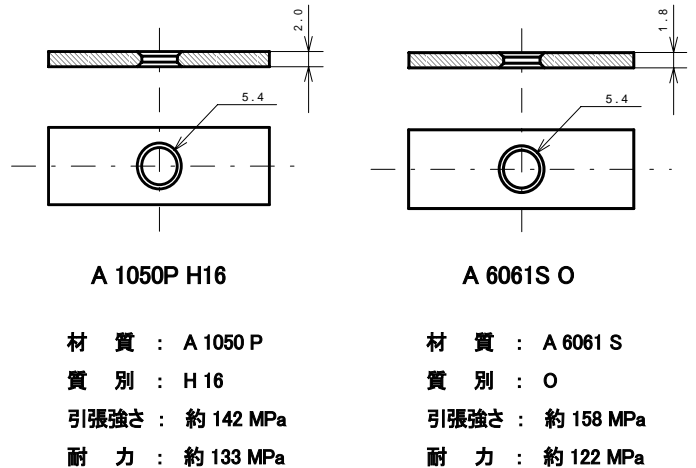


図5 ねじ込み材

破断繰返し数に大きな差は見られず、 10^7 回の疲れ強さは、アルマイト処理で15.8MPa、無電解めっき処理で17.5MPaであった。これはアルミポルト(M10)の疲れ強さ(20.8MPa)³⁾と比較すると若干低い値であった。

一方、腐食環境下では、両試料の各応力段階の破断繰返し数に大きな差は見られず、 10^7 回の疲れ強さは、両試料とも約10MPa前後と考えられる。この各応力段階を常温大気中の

時間強さと比較すると、応力段階 50MPa 及び 40MPa では、水槽中の試験時間が短いため、あまり影響を受けないと考えられ差はなかった。しかし、応力段階 30MPa, 20MPa 及び 10MPa では、繰返し数が多く試験時間が長くなり、腐食環境の影響を受け常温大気中より低い値を示した。

したがって、常温大気中での 10^7 回の疲れ強さは、両試料ともアルミボルトに比べ若干低い値であるが強度的にはアルミボルトと同様の使用は問題ないと考えられる。しかし、腐食環境下での 10^7 回の疲れ強さは、常温大気中に比べ約 60% 程度と低く、アルミ部材のアルミタッピンねじによる締結は腐食環境を避けて行うことが非常に重要で使用条件を特定する必要があると考えられる。

なお、各応力段階の破断した破面を観察した結果、常温大気中の破面は疲労破面や延性破面であるが、腐食環境下の破面は、外側に少し疲労破面が観られるほかは、図8に示すようにほぼ全体に脆性的な粒界破面を示した。この要因としてはき裂から塩水が侵入し応力腐食割れを起こし、これが原因で常温大気中の試料より早く破断したものと考えられる。

3.2 締付け特性

両試料のねじ込み試験結果を図9に示す。これから、本研究の条件では両試料のねじ込みトルクは約 $200\text{N}\cdot\text{cm}$ 前後であった。また、ねじ込み材 A 6061 S 0 では無電解めっき処理試料が約 $20\text{N}\cdot\text{cm}$ 程度小さくねじ込み性が良かった。この理由として、A 6061 S 0 の板厚が 0.2mm 薄く、耐力値も A 1050 P H16 に比べ低く、ねじ込み易い状態で、表面が硬い無電解めっき処理は、この効果が良く現れたものと考えられる。しかし、ねじ込み材 A 1050 P H16 では、両試料ともねじ込みトルクはほぼ同程度で、板厚が厚く、耐力値が大きくなると無電解めっき処理の表面が硬い効果が少なくなるものと考えられる。一方、比較のために行ったステンスタッピンねじと比べると両試料ともねじ込み性は良好であった。これは材質の問題より、ステンスタッピンねじには表面処理を施していないため、この影響があり、5%~16%程度値が大きくなったものと考えられる。

次に、保持力試験結果を図10に示す。これから、本研究の条件では両試料の保持力は約 1.5kN 前後であった。また、保持力はねじ込み材 A 1050 P H16 で無電解めっき処理試料が 0.18kN 程度大きい値を示した。これは、A 1050 P H16 の板厚が 0.2mm 厚いことと、めっき層の分がねじ込み材と接する面積が多くなっていることによるものと考えられる。ねじ込み材 A 6061 S 0 については、板厚が薄い分この影響がなく、ほぼ同じになったものと考えられる。一方、ステンスタッピンねじと比べると両試料とも 8%程度大きい値を示すが、ばらつきの範囲と考えられる。

これらの結果から、両試料のねじ込み性、保持力ともほぼ同程度と考えられ、アルミタッピンねじの表面処理はコストとの関係から検討する必要がある。また、ステンスタッピ

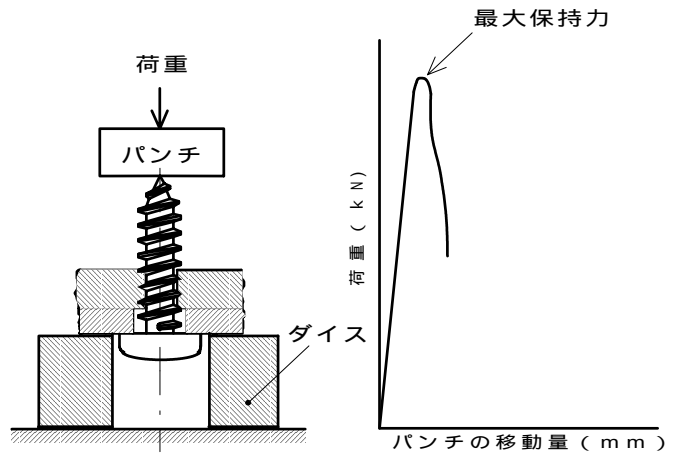


図6 保持力試験方法

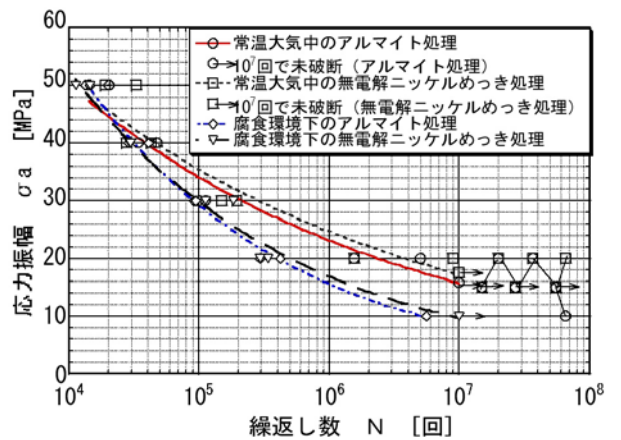


図7 常温大気中及び腐食環境下でのS-N線図

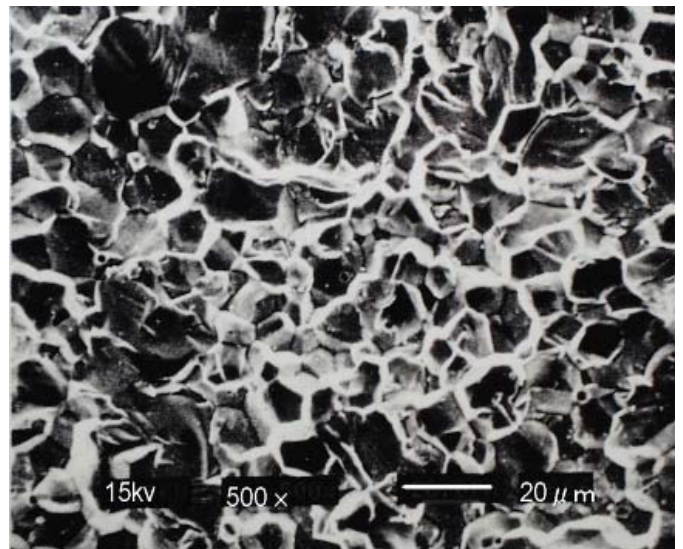


図8 腐食環境下での粒界破面

ンねじに比べ締付け特性値は良く、アルミ部材(2mm 板厚程度)の締付けではねじり強さ及びねじ込みトルクから $500\text{N}\cdot\text{cm}$ 程度の締付けを行えば 1.5kN 程度の締結力が得られると考えられ、締結強度の締付け指針にすることができる。

4.まとめ

本研究は、アルミタッピンねじの疲労破壊や締付け不良によるゆるみ等の防止を目的に、表面をアルマイト処理及び無電解めっき処理したアルミタッピンねじ(ねじの呼び:6)の常温大気中並びに腐食環境下での耐疲労性、及び締付け特性の評価を行い、次のようなことが明らかになった。

両試料の常温大気中での 10^7 回の疲れ強さは、アルマイト処理で 15.8MPa、無電解めっき処理で 17.5MPa であった。これはアルミボルト(20.8MPa)の疲れ強さと比較すると若干低い値であった。

両試料の腐食環境下での 10^7 回の疲れ強さは約 10MPa 前後で、常温大気中に比べ約 60%程度と低く使用条件を特定する必要がある。

両試料のねじ込みトルクは約 200N・m 前後、保持力は約 1.5kN 前後で、ステンスタッピンねじと比べると締付け特性が良い結果であった。

アルマイト処理及び無電解めっき処理の常温大気中及び腐食環境下での耐疲労性はほぼ同程度であった。また、ねじ込み性及び保持力についてもほぼ同程度であった。

最後に、本研究の遂行にあたり、多大なご協力を頂いた有限会社トリテクノ社長松木啓介氏、元東京電機大学生三浦光太郎氏、清拓也氏には厚く御礼申し上げます。

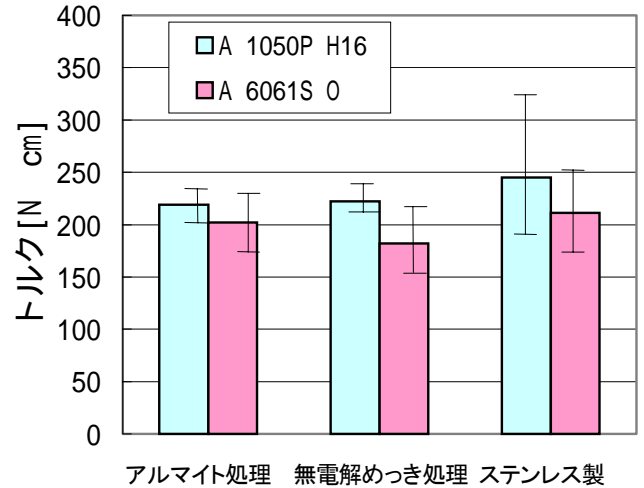


図9 ねじ込み試験結果

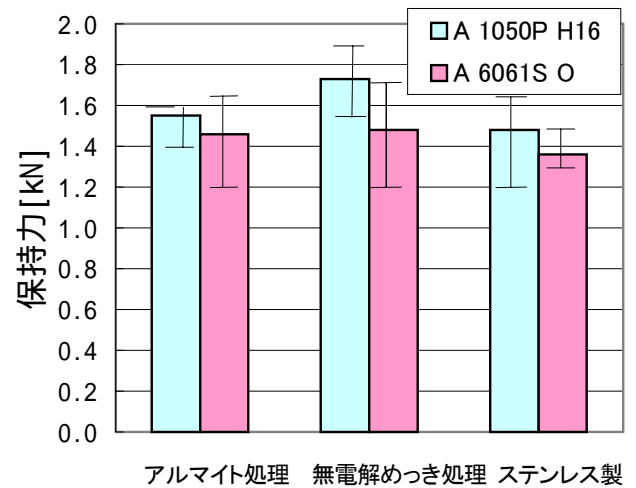


図10 保持力試験結果

参考文献

- 1) 松木啓介:ねじ締結”新”常識のうそ, 60-68, 日経BP社(1996).
- 2) J I Sハンドブックねじ:日本規格協会.
- 3) 舟山義弘, 大久保富彦, 田中貴浩, 池田弘:東京都立産業技術研究所研究報告, 3, 66(2000).

(原稿受付 平成14年8月1日)