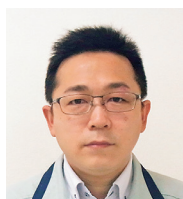


新型クリンチングスタッドボルトの開発



鳥居 慎悟
Shingo Torii
ファスナー事業部

1. はじめに

ファスナー事業部では、セルフタッピンねじをはじめ多種多様なねじ製品を製造販売しており、加えて顧客の問題解決につながる各種評価試験を行ってきた。これらの知見を活かし、様々な締結に対してオリジナル製品を市場投入してきた。

ねじ製品を用いた締結構造としては、ボルトとナットによる締結や、めねじを成形しながらねじ込むセルフタッピンねじによる締結など、様々なものが確立されている。その一つに、スタッドボルトを用いるものがある。これは、製品に予めスタッドボルト（おねじ）をねじ込んでおき、ここに被締結材をナット等で締結していく構造である。しかし、鋼板を用いた構造部材などの場合、予めスタッドボルトをねじ込むための厚さが確保できないため、こうした鋼板に対しては、圧入して取り付けることができるクリンチングスタッドボルトが用いられている（図-1）。近年、このクリンチングスタッドボルトを用いる環境は、製品の軽量化に伴う鋼板の薄板化が顕著となっており、この結果、クリンチングスタッドボルト圧入時に鋼板に反りやバリが発生するという不具合が生じやすくなっている。

本報では、薄板部材に圧入する際の反りやバリの発生を軽減する「新型クリンチングスタッドボルト」の開発について報告する。

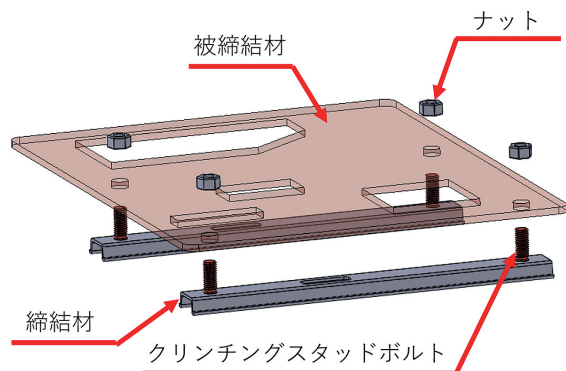


図-1 クリンチングスタッドボルト使用例

2. 開発背景

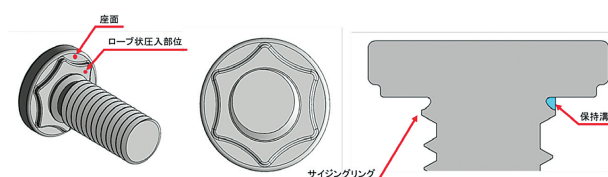


図-2 従来のクリンチングスタッドボルト形状

これまで当社では、図-2に示すような座面とねじ部との間に一様な厚さのローブ状圧入部と、締結材を保持するサイジングリングおよび保持溝とを備えたクリンチングスタッドボルトを製造販売してきた。

従来のクリンチングスタッドボルトは、鋼板などの締結材に圧入すると、ローブ状圧入部が締結材に埋入し、それによって変形した締結材の肉が保持溝に充填される。これにより、ローブ状圧入部で回り止め、サイジングリングで抜け止めをなしつつ、クリンチングスタッドボルトを締結材に固定していた（図-3）。

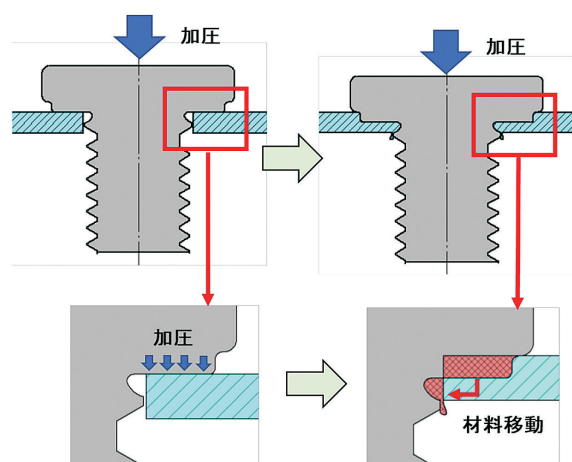


図-3 圧入による固定方法

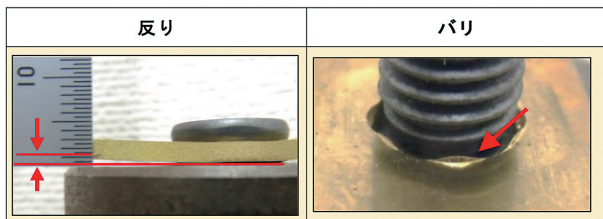


図-4 従来品の反り・バリの例

しかし、従来のクリンチングスタッドボルトにおいては、薄い締結材に圧入した場合、図-4に示ような締結材の反りや圧入箇所のバリなどが発生しており、これらの問題の改善に向け様々な対策の検討が行われてきた。

例えば、反りに対してはクリンチングスタッドボルトの頭部外径の大径化やローブ状圧入部の小型化、圧入用金型の改善、後工程での矯正作業などである。この内、特にローブ状圧入部の小型化については、回り止め強度（以下、空転トルクという）が小さくなるため、再評価が必要となっていた。

また、バリに対しては締結材の穴径拡大やバリが発生する部分への面取り加工の追加、ローブ状圧入部の小型化などである。締結材側の対策では、金型修正や追加工など、多くのコストと手間を要するとともに、締結材に圧入した後にクリンチングスタッドボルトが軸方向へ抜ける強度（以下、保持力という）の低下にもつながる可能性がある。また、ローブ状圧入部の小型化については、反りの場合と同様、空転トルクが小さくなる。

そこで、これまで当社で培われた工業用ファスナー（ねじ）の製造技術や金型製造技術を活かして研究を重ねた結果、反りやバリの発生を軽減しつつ、従来品以上の空転トルクを得ることができる「新型クリンチングスタッドボルト」を開発した。

3. 開発品の仕様

新型クリンチングスタッドボルトの構造面での特長は、以下の2点である（図-5）。

- ① ローブ状圧入部は、一様な厚さではなく、外周部が壁状に突出し、そこから軸心側に向かって緩やか

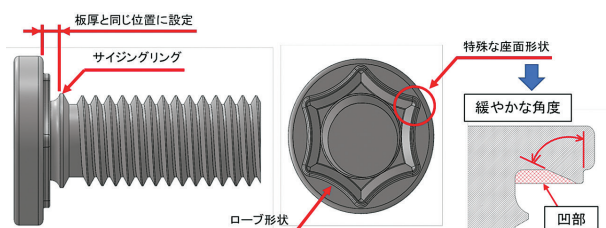


図-5 新型クリンチングスタッドの構造

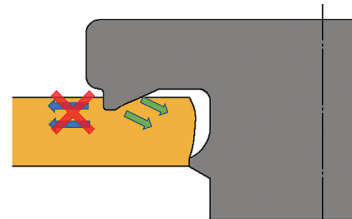


図-6 圧入イメージ図

かに傾斜しながら窪んでいく凹形状とし、これにより、ローブ状圧入部の内側に凹みを設けた。

- ② 抜け止め用のサイジングリングは、その最大径部分から頭部座面までの寸法が締結材の板厚と同じとなるように設定した。

4. 新型クリンチングスタッドボルトの機能について

4.1 反りとバリの軽減

ローブ状圧入部の断面は、外周部分が座面に対して直角に立ち上がり、そこから軸心方向に向かって緩やかに傾斜して凹む形状である。これにより、圧入時に外周方向へ材料が移動することを極力減らすことができ、締結材の反りを軽減できる（図-6）。

また、図-5に示すようにローブ状圧入部の形状を変更したことにより、内側に空間が生まれ、圧入時の軸方向への材料移動を軽減し、首下から軸にかけて発生するバ리를軽減することが可能となる。

新型クリンチングスタッドボルトの開発にあたり、金属加工業界向け生産プロセスシミュレーションソフトSimufact Formingを活用し、新型クリンチングスタッドボルトの性能を従来品と比較した。その結果、同条件で圧入した際に反りとバリの発生について、緩やかな傾斜が大きく凹部が少なくなると反りが発生しやすくなる傾向が把握できた。この結果を受け、シミュレーションにおいて良好な結果が得られる形状で試作を行った。（図-7）

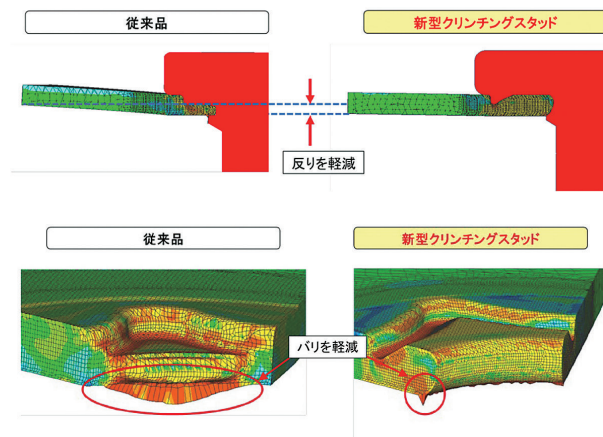


図-7 解析による反り&バリ比較

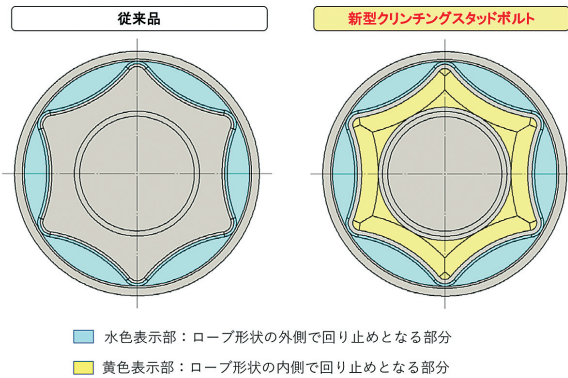


図-8 空転トルク寄与面積

4.2 空転トルクの向上

空転トルクについては、クリンチングスタッドボルトに被締結材をナットで締結する際にどの程度トルクを掛けることができるかの目安となる。そのため、クリンチングスタッドボルトを様々な締結箇所へ適応させるためには高い空転トルクが求められる。

従来品がロープ状圧入部の外周部（図-8中、水色で示した部分）と締結材との係合で空転トルクを得るのに対し、新型クリンチングスタッドボルトはロープ状圧入部の内側の空間（図-8中、黄色で示した部分）に充填された締結材との係合によっても空転トルクが得られ、空転トルクの向上が可能となる。ただし、内側に回った締結材の肉は緩やかな傾斜に沿っているため、空転トルクへの寄与度は、座面に直角な形状をしている外周部に比べて小さくなる。また、緩やかな傾斜部分では、回転力が作用した際、クリンチングスタッドボルトと締結材とを剥離させる分力が発生するが、この分力が生じて、保持溝に流動した締結材の材料とサイジングリングとの係合により、新型クリンチングスタッドボルトの拔出を防止できる。さらに、クリンチングスタッドボルトに被締結材を締結した場合には、前述の分力とは反対方向の遥かに大きい軸力が生じるため、実際には分力が問題になることはない。

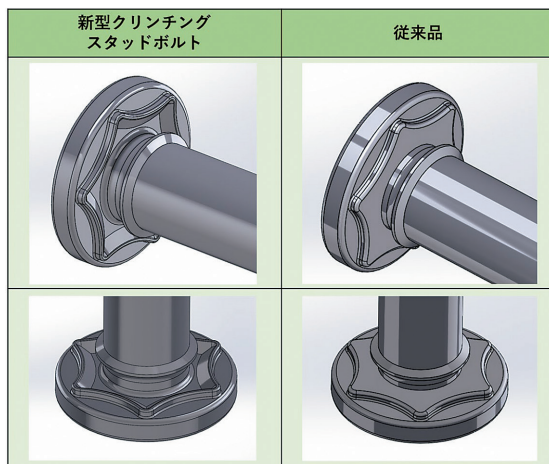


図-9 試験用クリンチングスタッドボルトの形状

5. 新型クリンチングスタッドボルトの性能評価

5.1 試験方法

新型クリンチングスタッドボルトのシミュレーション結果を実証するため、シミュレーション結果から得られた理想形状を試作し、この性能評価を行った（図-9）。

性能評価においては、前項で述べた機能の確認と、クリンチングスタッドボルト圧入後の保持力を比較するため、以下の評価試験を実施した。評価試験にはSECC鋼板で製作した試験片を使用し、試験機器として島津製作所製オートグラフAG-50kNGと日東精工製トルク試験機AX-500を用いた。各評価試験の詳細を図-10に、評価試験に用いた試験機器および試験条件を表-1に示す。

- ① 圧入試験（反りとバリの発生確認）
- ② 空転トルク試験
- ③ 保持力試験

《試験用クリンチングスタッドボルト》

・新型クリンチングスタッドボルト

サイズ：M6×12mm、表面処理：亜鉛三価クロメート

・従来品

サイズ：M6×12mm、表面処理：亜鉛三価クロメート

※ロープ状圧入部の周縁形状は新型、従来品ともに同形状。

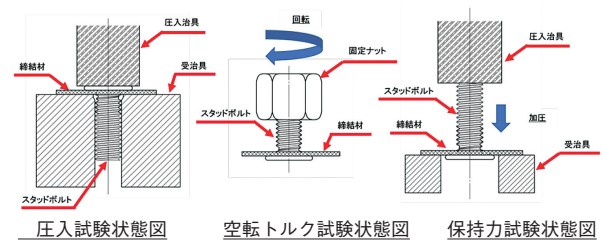


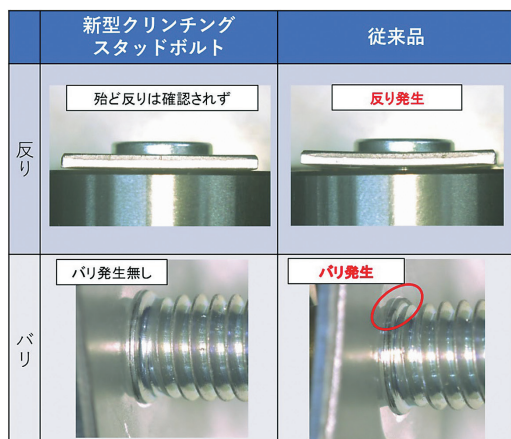
図-10 各試験状態図

表-1 試験機器と試験条件

圧入試験 使用機器	島津製作所製オートグラフAG-50kNG クロスヘッドスピード 10mm/min 圧入荷重 30kN
空転トルク試験 使用機器	日東精工製トルク試験機AX-500 回転数 10rpm 推力 無負荷
保持力試験 使用機器	島津製作所製オートグラフAG-50kNG クロスヘッドスピード 10mm/min
締結材	SECC鋼板 ドリル穴φ6.30 板厚 t=1.6

5.2 圧入試験（反りとバリの確認）

SECC鋼板で製作した試験片にそれぞれのクリンチングスタッドボルトをオートグラフにより圧入荷重30kNで圧入し、締結材の反りと締結材から発生するバリを目視で確認した（図－11）。



図－11 圧入試験結果

反りについては、新型クリンチングスタッドボルトではほとんど確認されなかったが、従来品では、反りが顕著に発生した。

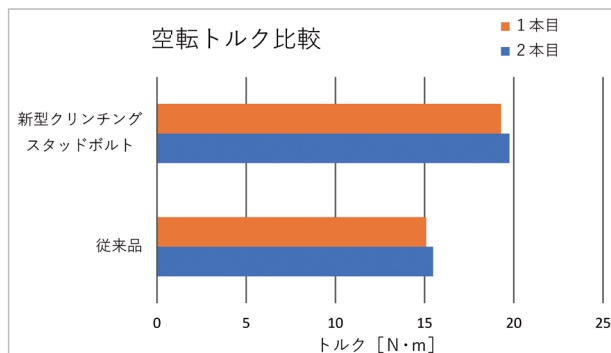
また、バリについては、新型クリンチングスタッドボルトでは確認されなかったが、従来品ではバリが大きく出る結果となった。

5.3 空転トルク試験

前述の圧入試験で圧入した部材を用い、空転トルク試験を実施した（表－2、図－12）。空転トルク試験では、トルク試験機により軸方向に荷重（推力）をかけない状態でクリンチングスタッドボルトを回転さ

表－2 空転トルク試験結果

	測定値 (N・m)		平均値
	1本目	2本目	
新型クリンチングスタッドボルト	19.29	19.76	19.522
従来品	15.10	15.48	15.286



図－12 空転トルク比較

せ、締結材におけるローブ状圧入部の圧入部位がせん断破壊する際の最大トルクを測定した。

従来品と比較して、新型クリンチングスタッドボルトは空転トルクが平均で27.7%向上する結果となった。4.2項で記述した、ローブ状圧入部の凹部に材料が回り込むことによる空転トルクへの寄与を確認することができた。また、空転トルクはクリンチングスタッドボルトのローブ状圧入部が締結材をせん断する際の抵抗値（せん断力）である。せん断力は、一般にせん断面の面積に比例するが、図－8中の黄色部分については、締結材と接する部分に緩やかな傾斜があることから回転方向への抵抗となるが、寄与度は小さく、回転方向のローブ形状に依存することが確認できた。

5.4 保持力試験

クリンチングスタッドボルトは、締結材に圧入した後、被締結材などをナットで締結するまでの間に締結材から脱落しないことが求められる。この保持力は、それぞれの使用環境に応じた値が求められる。

新型クリンチングスタッドボルトには、特段、保持力を向上させるという機能は付与していないことから、従来品と同等レベルの性能を有するかを確認すべく、評価を行った。

この保持力試験では、オートグラフによりクリンチングスタッドボルトのねじ部先端から軸方向に荷重を掛け、脱落するまでの最大荷重を測定した。

結果、新型クリンチングスタッドボルトの保持力は、従来品に比べて約6.8%向上する結果となり、若干の優位性が確認できた（表－3）。

表－3 保持力試験結果

	新型クリンチングスタッドボルト	従来品
測定値 (kN)	3.218	3.010

保持力は、クリンチングスタッドボルトが締結材から抜ける際に保持溝の中に充填する締結材をせん断する荷重値に等しいことから、保持溝に入る締結材の厚みによって大小が決まる。新型クリンチングスタッドボルトは、従来品と比較してローブ状圧入部の凹部の分だけせん断面積が増加し、保持力が向上したと考えられる。

6. まとめ

評価結果より、新型クリンチングスタッドについて以下の機能を確認した。

① 締結材の反りとバリの軽減効果

従来品と新型クリンチングスタッドボルトの反りを確認したところ、新型クリンチングスタッドボルトの独自のローブ状圧入部形状により、外側への材料移動を軽減することで、反りを軽減する効果が確認できた。また、押し込み量を減らし、凹部によって余肉の収容容積を増加させたことで、軸方向への材料移動を軽減し、バリの発生を軽減できることを確認した。

② 従来品より高い空転トルクの確保

ローブ状圧入部の形状を一樣な厚さの形状から軸心側が凹部になった形状とすることにより、ローブ状圧入部の凹部にも締結材の余肉が流動することとなり、従来品よりも高い空転トルクを得ることが可能となった。

③ 保持力の発生について

保持力については、ナットなどを用いた締結作業が完了するまでの補助的な機能であり、保持溝やサイジングリングの形状や位置関係により強度が大きく左右される。新型クリンチングスタッドボルトでは、保持溝やサイジングリングの形状には手を加えていないが、ローブ状圧入部の凹部によって生まれた空間により、せん断面積が増加し、結果的に保持力が若干向上することとなった。

7. 今後の展開

顧客からの品質および高性能化に関する要求は年々高くなっており、以下の項目については更なる研究を重ね、より高い品質・性能を確保するように取り組んでいく。

・反りとバリの軽減

電動化による基板の採用増加により、基板をショートさせるようなコンタミの原因となりかねないバリや基板自体の反りの軽減に対する要求は今後益々高度化していくと考えられる。この要求に対応するため、クリンチングスタッドボルトの形状だけでなく、圧入治具なども含めた最適な圧入システムの構築に取り組んでいく必要がある。

・高い空転トルクの確保

さらに高い空転トルクが求められる場合に対応するため、ローブ状圧入部のさらなる最適形状の追求を行っていく必要がある。緩やかな傾斜を持つ独自のローブ状圧入部の形状をレイアウトするためには、頭部外径や首下形状などに制約を受け、締結材への適用範囲が限定される可能性がある。このことから、現在

のローブ状圧入部の内側の形状に着眼し、空転トルクを向上させる取組みを行う必要がある。

・頭部外径の最小化

クリンチングスタッドボルトは、スペース的に制約の大きい場所に取り付けられることが多く、頭部外径をできるだけ小さくしたいという要望も出ている。この要望に応えるため、頭部形状とローブ状圧入部の形状の最適化を図っていく必要がある。

8. おわりに

本報では、SECC鋼板での試験結果を報告したが、クリンチングスタッドボルトはアルミや銅、真鍮などの軟質金属で成る締結材にも採用されている。今後は、より柔らかく変形しやすい軟質金属などでも実験・実証を重ね、締結材の材質毎の特性などを調査していくが、軟質金属は鋼板に比べ強度が低いため、空転トルクが減少することが想定される。このため、鋼板に近い値が求められる場合は、クリンチングスタッドボルトのさらなる改良が必要となる。

また、ファスナー事業部として継続的に拡販に注力している自動車業界でも様々な機能追加により限られたスペースへ多くの部品を取り付けることから、クリンチングスタッドボルトについても小型化や省スペース化が求められている。

これら市場のニーズを的確に掴み、顧客のモノづくりに貢献できるよう、製品開発を行っていきたい。