

鉄カラー&インサートナット廃止ねじ「カラーレスタイト」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と呼ばれるねじ込み時にめねじを成形しながらねじ込まれるねじを製造販売しており、このセルフタッピンねじの各種評価試験も行っている。この評価試験から得られた知見を活かし、各種の締結部材に合った様々なオリジナル製品を市場に投入してきた。

ねじに求められる機能は数多あるが、その中で最も多い要求が緩み防止機能である。ねじは締結後に緩められることが大きなメリットであるが、一方で意図しない時に緩みが発生すると、製品に不具合が発生することになる。このため、緩みへの対策が必要となる。

近年、ファスナー事業部では自動車業界に対して積極的なセルフタッピンねじの提案を行い、ボルトや小ねじからセルフタッピンねじへの置き換え（以下、セルフタッピン化という）を進め、コストダウンや軽量化に貢献している。その中で、樹脂へのセルフタッピン化に関しては、クリープ発生後の緩み防止に対する要求が高まっている。

クリープとは、応力の掛かった状態が長時間続くと塑性変形が発生する現象を指すが、高温環境下においては、より顕著にクリープが促進される。

本報では、クリープ発生後の緩み防止を行うことができるセルフタッピンねじ「カラーレスタイト」の開発について報告する。

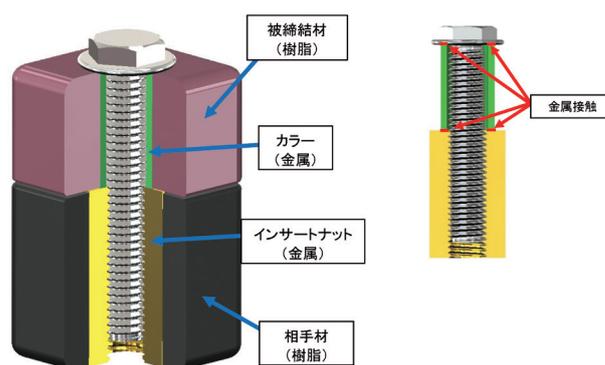


図-2 従来の締結構造

2. 開発の背景

ねじ締結は、図-1に示す3種類が大半を占めている。

その中で、樹脂部材が介在する締結は、クリープの発生により軸力低下が顕著に発生し、緩みやガタつきが発生する。このため、緩みを防止する手立てとして、鉄カラーやインサートナットを使用し、締結体の接触部分を全て金属と接するようにしてクリープ対策が行われていた。(図-2)

クリープ現象自体は金属、樹脂共に発生するが、なぜ樹脂に特筆するかというと、樹脂は金属に比べ非常に低い温度でクリープが発生するからである。

図-3を用いて、クリープ現象がどの様に締結品質に影響を与えるかを説明する。

締結直後は、金属製のボルト頭部が樹脂製の被締結材に密着した状態となる(図-3 (A))。

締結後に高温環境下に晒されると、樹脂製の被締結材は、概ねボルトの2~20倍程度膨張する場合がある。このため、被締結材がボルト座面に沿って変形を生じる(図-3 (B))。

その後、常温に戻ると被締結材は収縮するため、ボルトとの間に隙間が生じる(図-3 (C))。

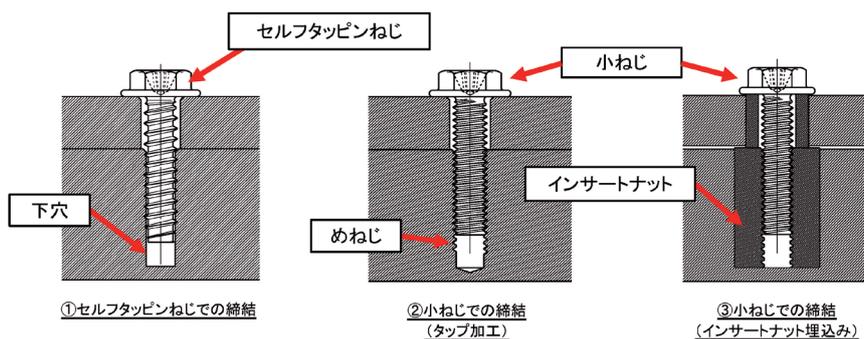


図-1 締結構造例

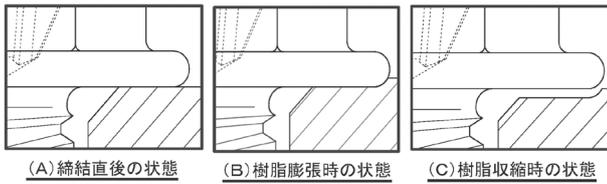


図-3 クリープ現象イメージ図

クリープ現象により被締結材が変形し、隙間が生じると軸力が低下し、ねじが戻り回転していないにも関わらずガタつきを生じ、締結部の品質が低下する。

対策として、インサートナットやカラーと呼ばれる金属部材を樹脂に一体成型し、これらをねじで締結する締結構造に変更することで、クリープ現象の軽減が図られてきた。しかし、この締結構造では部品点数や重量が増加するとともに、コストアップにも繋がっていた(図-1③)。

そこで鉄カラーとインサートナットを廃止することによりコスト削減と軽量化に対応し、かつクリープにより軸力が低下しても緩みやガタつきを防止するセルフタッピングねじ「カラーレスタイト」を開発した。

3. カラーレスタイトの仕様

カラーレスタイトは、締結部材の材質や形状に応じた専用設計を要する。

以下、5点がカラーレスタイトの基本的な形状および特長となる。図-4にカラーレスタイトの構造を示す。

- ①1本の軸上にサイズが違う2種類のねじ山を配置していること。
- ②ねじのピッチは全て同じとすること。
- ③被締結材と相手材それぞれにセルフタップを行うこと。
- ④基本的にはねじ込み深さは被締結材の厚みよりも長い設定とすること。
- ⑤基本的にはねじ頭部側のねじは被締結材よりも短い設定とすること。

4. カラーレスタイトの耐緩み・ガタつき性能について

4.1 隙間を生み出さない締結構造

カラーレスタイトは、1本の軸上にサイズが違う2種類のねじ山を同一ピッチで配置しているため、1回転での進み量が同じとなり、被締結材と相手材とを離れさせずにねじ込むことが可能である。

また、被締結材よりも先に相手材へねじ込みを行うことも重要である。被締結材に

ねじ込む際に頭部側のねじと相手部材で被締結材を挟むことにより、被締結材を相手材に密着させ、一般的なねじ締結と同様に被締結材と相手材が密着した状態での締結が可能となる(図-5)。

このことにより、ねじ頭部が着座後、さらにトルクを加えて締め上げると、被締結材と相手材の間に軸力が発生する。

また、被締結材と相手材のそれぞれにカラーレスタイトのねじ山を食い込ませることにより、軸力に依存せずに各部材のスプリングバック効果によりねじ山を固定することができ、クリープ発生後の緩みやガタつきを防止している(図-6)。

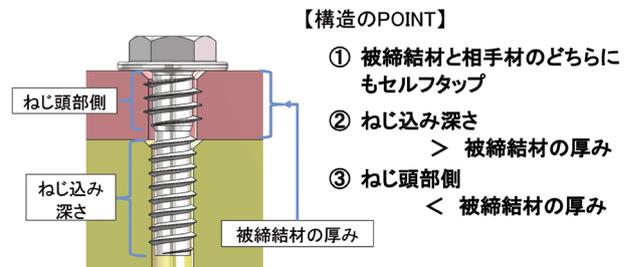


図-4 カラーレスタイトの構造

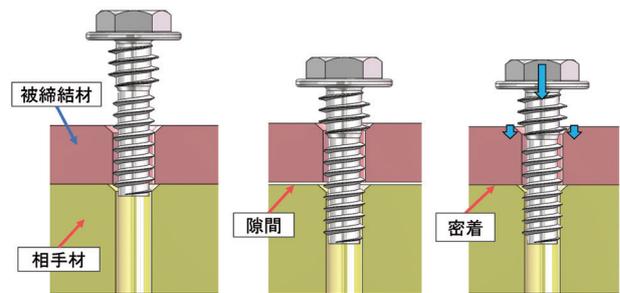


図-5 締結物の密着する過程

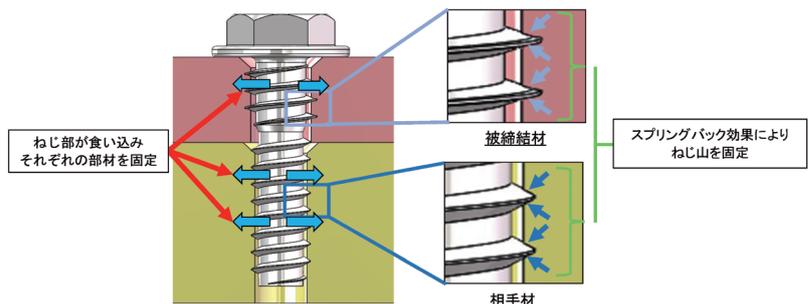


図-6 緩みやガタつき防止のメカニズム

4.2 初期締付け時における軸力締結

着座後にトルクを加えた際、被締結材と頭部座面は密着した状態となっているため、それ以上移動することがない。一方、相手材はねじの回転に伴い被締結材に向かって移動しようとするため、被締結材と相手材の間で軸力が発生する。

ただし、カラーレスタイトは軸力により緩みやガタつきを防止するねじではないため、あくまでも初期の安定した締結を行うため軸力が必要である。

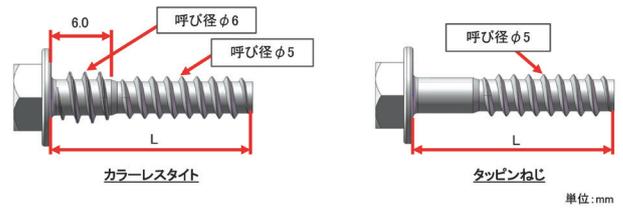


図-7 試験用ねじ

5. カラーレスタイトの性能評価

5.1 試験方法

カラーレスタイトの性能を確認するため樹脂ワークを製作し、日東精工製トルク試験機AX-200を用いて、図-7に示すカラーレスタイトとタップインねじ（カラーレスタイトの頭部側ねじ部のないねじ）をねじ込み、以下の4種類の試験項目で性能比較を行った。なお、試験条件は表-1、試験状態図に関しては図-8に示す。

- ①ねじ込み破壊試験
- ②軸力試験
- ③瞬間戻しトルク試験
- ④熱劣化後戻しトルク試験

《ねじ込み破壊試験用ねじ》

・カラーレスタイト

φ5×22(14)mm 表面処理：亜鉛三価クロメート
※カラーレスタイトの呼び径は先端側ねじ部の径φ5mmとする。
※()内の寸法は先端側ねじ部の長さ。

・タップインねじ

φ5×22(14)mm 表面処理：亜鉛三価クロメート
※()内の寸法は、ねじ山成形部分の長さ。

表-1 試験条件

ねじ込み破壊試験 軸力試験 締結機器	当社製トルク試験 AX-200 回転数300min ⁻¹
瞬間戻しトルク試験 熱劣化後戻しトルク試験 締結機器	当社製トルク試験 AX-200 仮締め回転数 300min ⁻¹ 本締め回転数 60min ⁻¹
相手材	66ナイロン (PA66) ドリル穴 下穴径φ4.1~4.6mm
被締結材	66ナイロン (PA66) ドリル穴 下穴径φ5.1~5.6mm
軸力測定機器	キスラー社製圧電素子9011A
軸力測定用その他部材	超硬スペーサ 厚み t=3.0mm

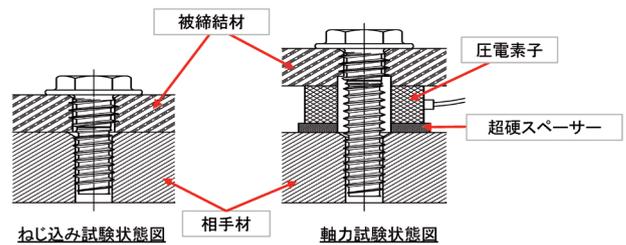


図-8 各試験状態図

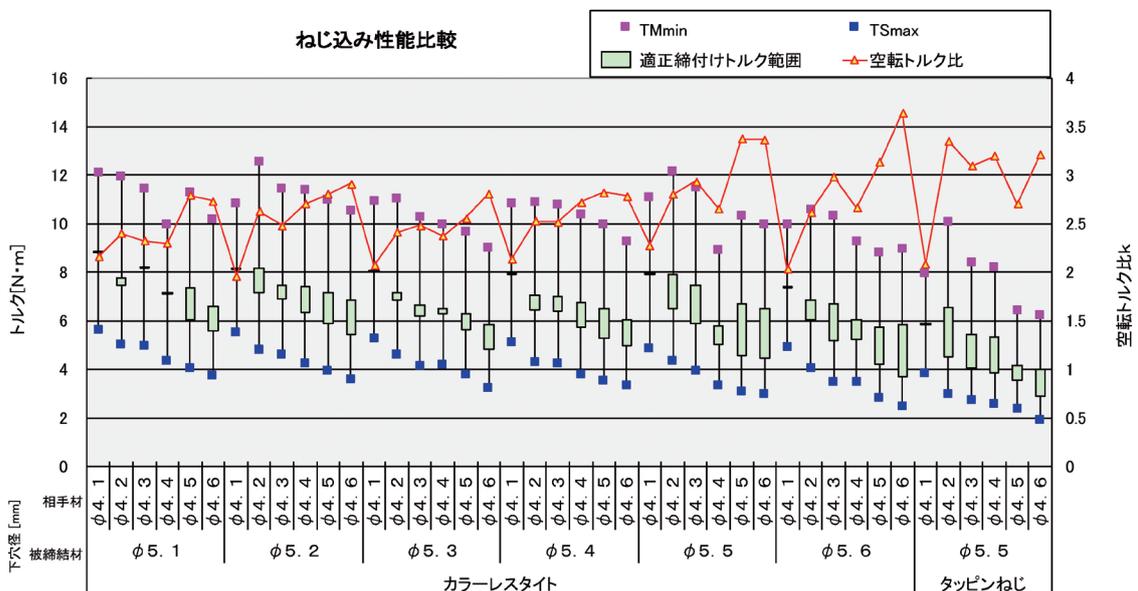


図-9 ねじ込み破壊試験結果

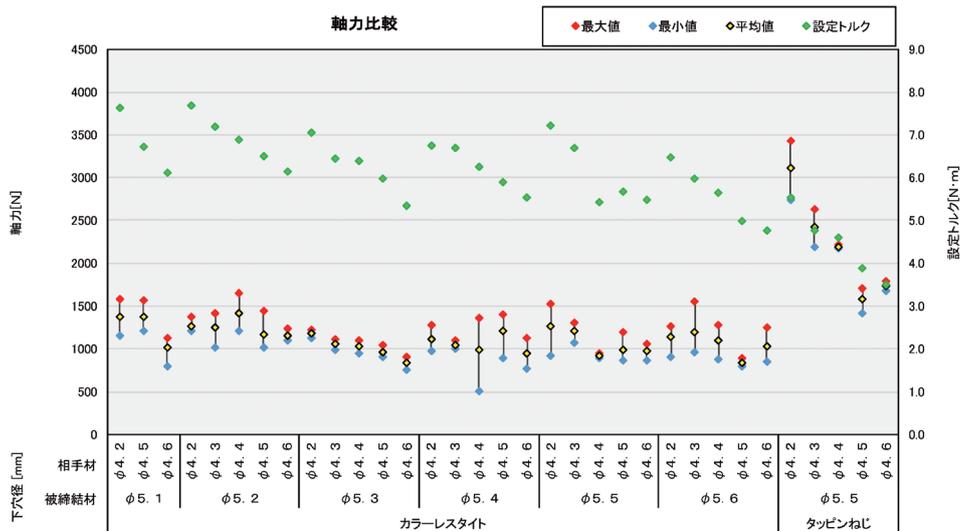


図-10 軸力試験結果

《軸力試験用ねじ》

- ・カラーレスタイト
φ5×33(23)mm 表面処理：亜鉛三価クロメート
※カラーレスタイトの呼び径は先端側ねじ部の径φ5mmとする。
- ・タップンねじ
φ5×33(23)mm 表面処理：亜鉛三価クロメート

5.2 ねじ込み破壊試験

前述の試験方法にて、被締結材と相手材の下穴径各6種類で計36通りの組合せにカラーレスタイトを各5本ずつねじ込み、被締結部材または相手材が破壊する時の破壊トルクを測定した。その試験結果を図-9に示す。

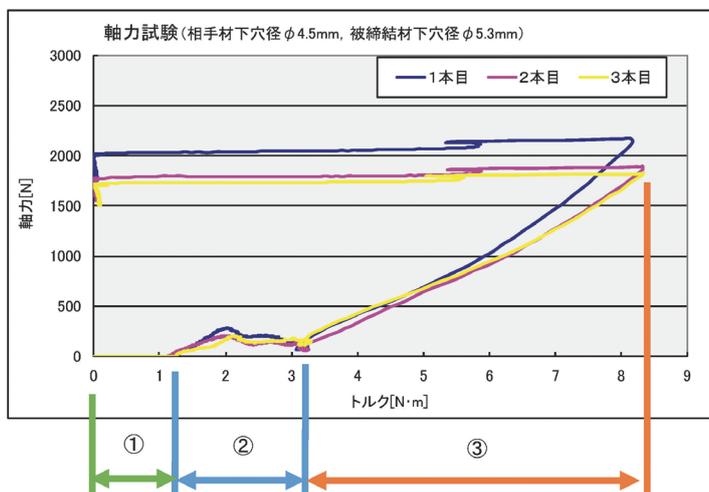
下穴径の組合せにより、適正締付けトルク範囲を確保できない場合もあるが、多くの組合せで適正締付けトルク範囲が確保できることが確認できた。ただし、比較に使用したタップンねじと比べると始動トルクの最大値 (TSmax)・破断トルクの最小値 (TMmin) 共に高くなる傾向にある。

5.3 軸力試験

カラーレスタイトの特長でもある初期締付け時の軸力発生に関して、ねじ込み破壊試験で適正締付けトルク範囲が確保できた下穴条件にて軸力測定を実施した。結果、すべての条件で軸力の発生を確認することができた。軸力値は、カラーレスタイトの締結構造上、比較対象としたタップンねじよりも低い値となった(図-10)。

樹脂締結の場合、クリープの発生により軸力が低下するため、初期軸力の大小でカラーレスタイトの機能を失うものではない。

また、図-11にカラーレスタイトのねじ込み工程①～③に相当する領域を付記したトルク-軸力線図を示す。この図-11によれば、②の被締結材ねじ込み工程に係る領域で頭部側ねじ部が被締結材に食い付く際に軸力が発生しており、これにより、被締結材と相手材とを密着させる力が働いていることがわかる。



- ①相手材ねじ込み工程
- ②被締結材ねじ込み工程
- ③着座後締付け工程

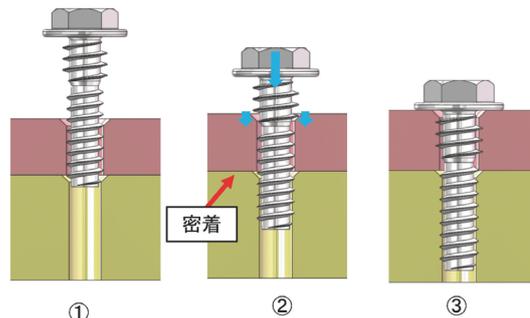


図-11 トルク-軸力線図

被締結材と相手材とを隙間なく締め付けることにより、初期軸力の発生に貢献している。

5.4 瞬間戻しトルク試験

後述する熱劣化後の戻しトルク性能と比較するために、常温環境下にてカラーレスタイトとタッピンねじを設定トルクで締め付け、それぞれの締め付け直後の戻しトルク（瞬間戻しトルク）を測定し、瞬間戻しトルク性能を調査した。

本試験においては、ねじ込み性能が良好であった代表的な下穴径で評価を実施することとした。下穴径によって締め付けトルクが異なり、それに応じて戻しトルクも変化するため、これらを定量的に比較するため、ゆるみ率を用いた。

ゆるみ率は、戻しトルクを締め付けトルクで割った値であり、締め付けに対して戻し時の抵抗がどの程度低下するかを示すものである。

ゆるみ率としてはカラーレスタイトがタッピンねじより約4~9%高い値となった（表-2）。

$$\text{○ゆるみ率 [\%]} = \text{戻しトルク TR} / \text{締め付けトルク Tf} \times 100$$

表-2 瞬間戻しトルク試験結果

○瞬間戻し時ゆるみ率比較

使用ねじ	相手材 下穴径 [mm]	被締結材 下穴径 [mm]	締め付けトルク Tf [N・m]	戻しトルク TR [N・m]	ゆるみ率
カラーレスタイト	φ4.5	φ5.1	6.868	5.827	84.8%
		φ5.3	6.254	5.621	89.9%
		φ5.6	5.079	4.474	88.1%
タッピンねじ		φ5.5	3.944	3.175	80.5%

5.5 熱劣化後の戻しトルク試験

瞬間戻しトルク試験同様の条件で締め付けたカラーレスタイトとタッピンねじの各サンプルを120℃の雰囲気中に50時間放置し、常温まで冷却した後の戻しトルクを測定した。

戻しトルク測定前に、緩みやガタつきがないかを確認した結果、カラーレスタイトは全ての条件で緩みやガタつきが発生していなかったのに対し、タッピンねじは被締結材にガタつきが発生していた。タッピンねじのガタつきは、クリープ現象により軸力が失われた

表-3 熱劣化後戻しトルク試験

使用ねじ	相手材 下穴径 [mm]	被締結材 下穴径 [mm]	環境	ゆるみ率	減少率
カラーレスタイト	φ4.5	φ5.1	瞬間戻し	84.8%	49.1%
			熱劣化後戻し	35.7%	
		φ5.3	瞬間戻し	89.9%	53.9%
			熱劣化後戻し	35.9%	
		φ5.6	瞬間戻し	88.1%	53.0%
			熱劣化後戻し	35.1%	
タッピンねじ	φ5.5	瞬間戻し	80.5%	66.0%	
		熱劣化後戻し	14.5%		

ことが原因であると考えられる（表-3）。

戻しトルクを測定した結果、カラーレスタイトとタッピンねじ共にゆるみ率の低下は発生したが、カラーレスタイトの減少率は、タッピンねじのそれよりも13%程度少なくなっていた。戻しトルクの低下は、締め付け時に発生していた軸力がクリープ現象により失われ、軸力が寄与していた分の戻しトルクが消失したことが原因だと考えられる。

クリープでどの程度樹脂が変形しているかを確認するため、マイクロスコブ（株）キーエンス製）を用いて瞬間戻しトルク試験後と熱劣化後戻しトルク試験後の被締結材におけるねじ座面部分の深度測定を行った。

結果として、瞬間戻しトルク試験後の座面の深度は3~4μmと殆ど変形が見られなかったが、熱劣化後の被締結材は、どちらのねじも84~93μmの範囲で変形していた（図-12）。このことから、カラーレスタイトにおいても軸力はタッピンねじ同様に減少していると考えられる。しかし、ガタつきが発生しないのは図-6で示したように被締結材にねじ山が食い付いているためだと考えられる。

6. まとめ

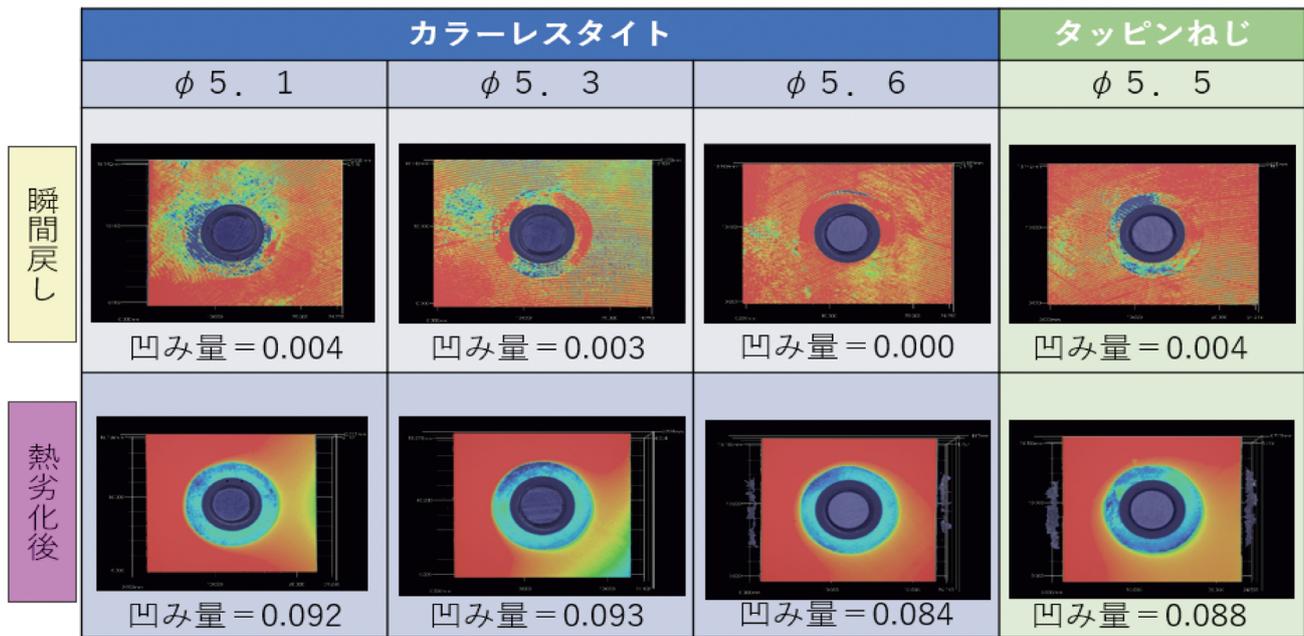
前述した評価結果からカラーレスタイトについて以下の機能を確認した。

①通常のタッピンねじと同様のトルク管理が可能

各条件によってねじ込み性能差はあるものの、ねじ込み時に必要な適正締め付けトルク範囲を確保することができていることを確認できた。ただし、2種類のねじ山が相手材と被締結材の双方にねじ込まれることから、通常のタッピンねじより高い締め付けトルクが必要となり、この影響で締め付け作業現場においては既設の締め付け工具の能力を超えてしまう可能性がある。このような問題に対処し、始動トルクを極力下げて工具の共通化を図っていくために、ねじ山形状や胴部形状に改善の余地があると考えられる。

②初期の締め付け時の軸力発生

カラーレスタイトは、クリープ発生後の軸力低下による緩みやガタつきを防止するために開発されたセルフタッピンねじであるが、締結物を初期段階で安定して締め付けるためには、相手材と被締結材とを密着させるための最低限の軸力が必要になる。また締結時に予め被締結材と相手材をクランプしてから締め付けることにより、より良い締結が維持できると考えられる。



単位:mm

図-12 試験後の被締結材観察結果

③クリープ後のガタつき防止

通常のタッピンねじと比較すると、カラーレスタイトを用いるとガタつきの発生は確認されなかった。クリープ後に関しては軸力が低下または消失するため、ねじ山が受ける抵抗によって緩みを防止していると考えられる。被締結材自体が回り止めされておらず、ねじ1本で締結されている場合は、被締結材が戻し方向へ回転するとねじ自身も一緒に戻り回転する。これを繰り返すと脱落の危険が高まる。しかし、被締結材自体が回り止めされているか、もしくはねじ数本で締結されている場合は、被締結材自身の回転方向の動きが拘束されることから、緩み止めとねじの脱落防止に寄与できるものとする。

7. おわりに

本報では、樹脂製の被締結材と相手材の組合せで実施した試験結果等を報告したが、ファスナー事業部が拡販に取り組んでいる自動車業界では、様々な異種材料を組み合わせたマルチマテリアル化が進んでいる。今後は、樹脂製と金属製のワークの組合せについても調査検証を進め、カラーレスタイトの適用範囲の拡大を図っていきたいと考えている。

今後も市場のニーズを捉えて顧客のモノづくりに貢献できる製品開発を行っていききたい。