

LOCTITE
確実な成功に向けて

高信頼性ねじ部品締結： トルクと張力の関係—係数 K

Michael Feeney
Application Engineer, Henkel Canada Corporation

LOCTITE®
BONDERITE®
TECHNO MELT®
TEROSON®
AQUENCE®

単純に考えれば、ねじアッセムブリーの目的は部材を結合することである。この目的を確実に達成するために、設計においてねじに張力をかけて、「締め付け荷重」または「予荷重」とも呼ばれる締め付けによる力を加えるよう指示する。この際、外力によって部材がばらばらにならないよう十分に高い締め付け荷重をかけなければならない。

超音波装置またはマイクロメーターを使ってボルトの伸び率を直接測定し、ねじの張力を関連付けることは可能であるが、多くの場合、現実的な方法ではない。自動車のラグナットであれ、大規模なOEM生産の組立ラインであれ、一般的にはトルク管理が行われている。トルク管理は、アッセムブリーの摩擦を予測可能である前提で行う。理論上、トルクが加わると既知量のエネルギーがねじ内部で張力になり、残りのエネルギーは熱となって放散される。これは、ある特定のアッセムブリー構成では成り立つ仮定だが、1つの変数が変わると摩擦も変わる。トルクと張力の関係を最も簡単に表す式は次のとおりである。

$$T = KFD$$

ただし、

T = 入力トルク

K = 係数K(ナット係数)

F = 締め付け荷重(予荷重)

D = 呼び径

この関係式では、無次元定数Kを用いて、アッセムブリーの摩擦と摩擦が作用するねじ頭部および軸の径変化をまとめて考慮している。

ねじゆるみ止め接着剤、ねじシール剤、焼き付き防止潤滑剤など「ねじ用潤滑剤」を展開するヘンケルは、各種潤滑剤がこの関係式に及ぼす影響についてしばしば問い合わせを受ける。本稿ではこのテーマを取り上げ、無次元定数Kがトルクと締め付け荷重の関係をいかに過度に単純化したものであるかを説明する。

当社が最もよく受ける問い合わせの1つが、「この製品(ねじゆるみ止め接着剤や焼き付き防止潤滑剤)の係数Kは何か」というものである。係数Kはさまざまな要因の変動を集約した値であり、製品の説明に用いることはできない。ねじ潤滑剤について係数Kの記載がある場合、それは実際に試験した特定のアッセムブリーの摩擦を表したものである。

アッセムブリーの摩擦に影響を及ぼす変数にはさまざまなものがある。

- ねじ材質
- ねじピッチとはめ合い
- ボルト径
- ねじの呼び長さ
- 組立スピード
- 表面仕上げ
- ワッシャーの有無
- ナットとボルト頭部のトルク差
- ねじ穴隙間
- 潤滑剤 など

ねじ潤滑剤の係数 K を得るために行った試験の部材構成は、有用と考えられる最終用途のアッセムブリー構成と一致しなければならない。しかし、同一と定義されたボルトでも著しいばらつきが生じる。

当社の試験では、同一と定義されたナットおよびボルト間のばらつきを評価した。試験材として、UNC グレード 5 の亜鉛めっき鋼板(5/8 × 11 インチ)をメーカー5 社から調達した。ボルトは、一般産業用途で最も売れているとメーカーが推奨するグレードを選定した。ワッシャーは、同一の焼入ワッシャーを 1 社から調達して全試験で使用し、ワッシャーが変数とならないようにした。



図 1.同一と定義されるボルトを 5 社から調達

トルク管理で最も一般的な方法により、トルク表からトルク値を選んだ。大半のトルク表は、ドライトルクとウェットトルク(オイルを付けた状態でのトルク)の 2 種類を記載している。試験対象であるねじゆるみ止め接着剤に合わせて、トルクはウェットトルク 112 ft-lbf(152 N-m)とし、Skidmore-Wilhelm の締め付け荷重測定機にボルトをセットした。このボルト試験機は、オイルを充填したタンクを装備し、プレートとブッシングでナットとボルト頭部の間を圧迫すると油圧がかかる。内部ピストンの有効面積から、この油圧をアッセンブリーの締め付け荷重に関連付ける。ボルト試験機に荷重をかけると、校正済みのトルクレンチがナットにトルクを加え、生じた締め付け荷重が記録される。

1 回目の試験結果を「受入時のまま」のボルトの締め付け荷重と比較したところ、締め付け荷重の標準偏差は 4,100 lbf(約 1,845kgf) (21%)であった。さらに 2 回目の試験では、同じ 5 社のボルトにゆるみ止め接着剤を塗布して、締め付け荷重を測定、評価した。その結果、5 社間の標準偏差は 1,300lbf (585kgf)(12.5%)とはるかに小さくなった。メーカーごとに試験サンプルを確認したところ、ゆるみ止め接着剤を使用した場合、「受入時のまま」と比較してすべてのメーカーでばらつきが小さくなった。

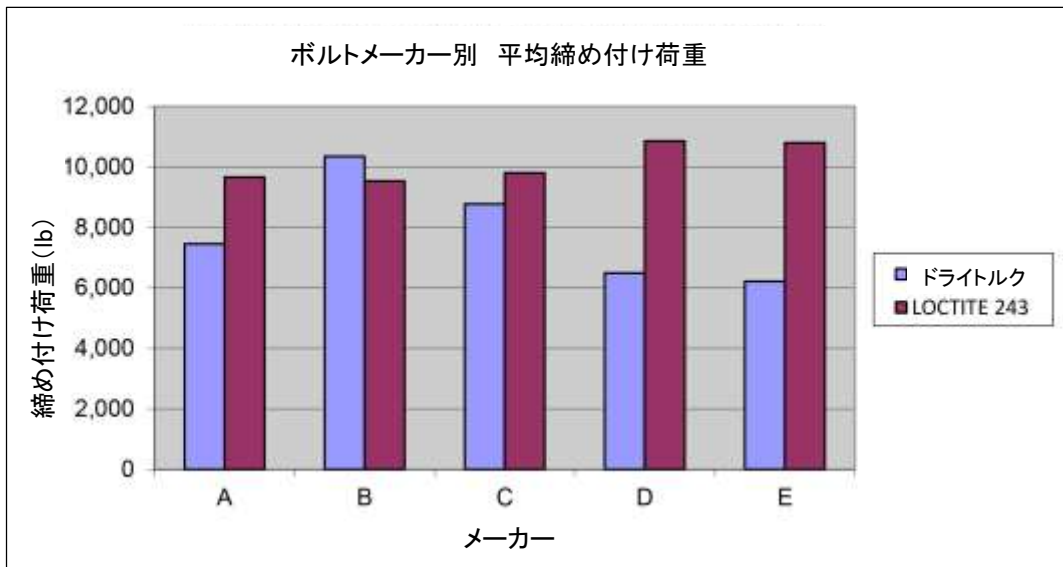


図 2.ボルトメーカー間の締め付け荷重のばらつき

以上の評価結果から、同一と定義されるボルト間でも相当のばらつきがあることが明らかになった。表面仕上げが垂鉛めっきであることから、入力トルクが予測した締め付け荷重と一致しない点については、ねじ公差、清浄度などさまざまな理由が考えられる。しかし、ゆるみ止め接着剤を塗布して摩擦を均等化することで、そのようなばらつきを低減可能である。

ねじ部品は最も一般的な着脱式金具であり、自動車、航空機、家電、産業機械などあらゆる製品の生産に使われている。アッセンブリーのトルク管理では、摩擦を予測不可能である点が大きな妨げとなり、目標締め付け荷重を達成することが難しい。本稿の試験結果から明らかのように、ゆるみ止め接着剤はこの問題を最小限に抑えることができる有用な選択肢である。重要な用途では、継続的にゆるみ止め接着剤を使用することで機器の信頼性を大幅に向上させることが可能である。