



ねじの可能性を追求するチャレンジャーたち

2023年度学会賞(技術)
「高性能に緩まないねじとその量産用転造金型の開発」

(株) ニッセー・PFR 研究所・東京農工大学

転造で実現! 緩まないねじ

ボルトの緩みを完全に防ぐことは難しい。ボルトは締められた時に発生する摩擦によって緩みを防止しているのですが、激しい振動を受けたりするとナットが緩む方向に回転してしまうからだ。2021年、(株)ニッセーは転造技術を活用し、二つのナット間の機械的干渉により緩みを防ぐ「緩み止め二重ねじ PLBv2 (パーフェクトロックボルト ver.2)」を開発した(図1)。外側のナットを一般の工具で締めるだけでしっかり固定できるという作業性に優れた製品だ。

開発の歴史

PLBv2の開発は2005年頃から始まる。2種類のねじ山で構成された緩み止めの二重ねじという技術があり、特許はかなり前に切れていた。ある日本の企業がそれを製品化したけど、ほとんど普及しなかった。というのも、ボルトに複雑な形状のねじ山を造らなければならなかったため、切削加工にとっても時間がかかり高価格になってしまったからだ。しかし、この製品は緩み止め性能に優れていた。塑性加工を研究する九州大学大学院の竹増はそれを聞き、このねじを普及させたいと思った。そして量産化するためには転造で造るしかないと考えたのだ。

転造は金属に金型を強い力で押しつけて、金属の表面に溝などを成形する加工方法だ。そのため、製品の表面形状は金型の表面形状に依存する。一つのボルトを加工するのに切削だと数十分かかるが、転造だと1秒もかからないため、一般的なボルトの加工は転造で行われている。しかも切削のように金属繊維を分断しないので、強度が高くなるのだ。

竹増は転造盤(転造加工機)の製造・販売メーカーであるニッセーを訪れ相談した。ニッセーの新仏(現・代表取締役会長)と天野(現・副会長)は「こんなに難しそうな形状のねじはできない」と一度は断ったが、竹増の熱意に心を動かされた。そして竹増とともに開発に取り組むことになった。

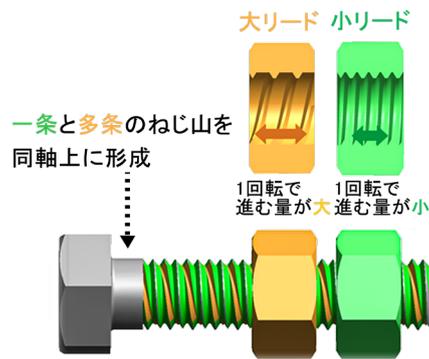


図1 PLBv2のねじ構造

PLB 開発へ

開発する二重ねじは、1本のボルトに並目(ねじ山の間隔が一般的なもの)一条ねじ山と細目(並目よりねじ山の間隔が小さい)一条ねじ山を形成し、ボルトの内側に並目一条ナット、外側に細目一条ナットを装着した構造になっている。内ナットは外ナットに比べてリード(1回転した時に進む距離)が大きいので、振動を受けて二つのナットが緩む方向に回転した場合、内ナットはリードの小さい外ナットに進みを阻まれるため、緩みを防止できるという仕組みだ。

この二重ねじを転造加工するには、並目ねじ山と細目ねじ山が幾重にも重なった形状を同軸上に同時に成形しなければならない。新仏たちは何年もかかって、ボルトの表面形状に合わせた金型をどうにか作り上げた。しかし高い加工精度を必要とするため、転造にはCNC制御の高価な転造盤を使わなければならず、金型の耐久性も悪かった。しかも防錆性を高めるために安価な溶融亜鉛でメッキすると、細目ねじ山が埋まってしまうのだ。

開発した製品を2010年にPLBという商品名で販売した(図2)。だが、細目一条ナットはボルトに入りにくいし、締め付ける力が強いと細目ねじ山が破損するという問題が発生した。またボルトの締結には、内ナットを締めて、外ナットを締めて、外ナットを止めて内ナットを逆戻しするという三つの工程が必要だったため、1工程で締結可能にすることをその後の開発の最大目標とした。

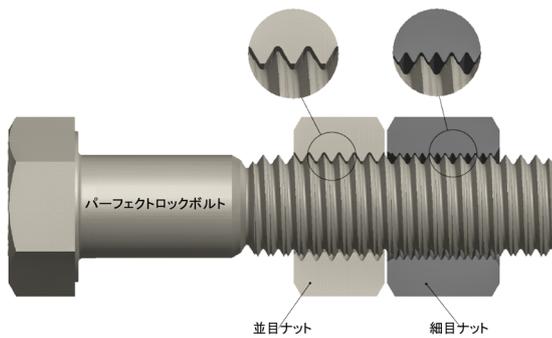


図2 PLBのねじ山構造

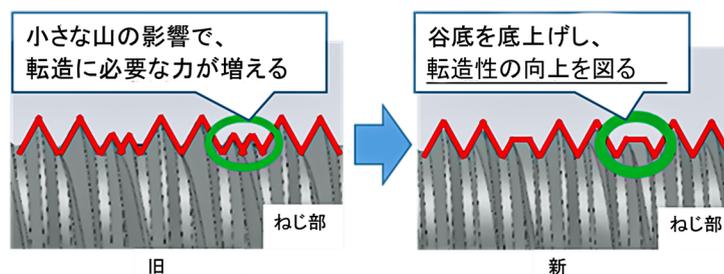


図3 多条ねじ山形状の改善

ねじ山構造の変更

新仏たちは、細目一条ねじ山をやめ、根本的に構造を見直すことにした。東京農工大学大学院の桑原も開発に加わった。数々の実験を経て、ボルトに並目多条ねじ山と並目一条ねじ山を形成し、ボルトの内側に並目多条ナット(1回転した時にねじ山の間隔の整数倍進む)を、外側に並目一条ナット(1回転で隣のねじ山まで進む)を装着する構造に変更した。これによって、外ナットを締めると、内ナットも従動して締める方向に回るようになり、外ナットを締めるだけで締結できるようになったのだ(図1)。

しかし、この構造を採用したことで大きな問題が起こった。転造時にボルトのねじ山に大量の剥離が発生し、金型にはチッピングが生じたのだ。量産性はとても悪くなり、わずか300本の転造加工で金型が破損した。

転造性の改善

何としてでも量産に適した金型を完成させたい。そのために、関東経済産業局の「戦略的基盤技術高度化支援事業(サポイン事業)」で補助金を獲得し、産学連携による研究体制で2018年から2020年に研究開発を行った。

問題が発生した原因は、一条ねじと多条ねじを組み合わせた形状によって、交差点のねじ山が大きく削れて、二つの小さな山ができていたからだとわかった(図3左)。転造ではこの部分が最初に成形されるため、金型をさらに押し込まなければならず、転造に通常以上の力が必要となり、その結果、剥離やチッピングが発生していた。そこで、多条ねじの小さな山の谷底を有効径以上に底上げして、転造時に必要な力を軽減させたのだ(図3右)。

さらに金型を高速・高効率・低コストで製造するために、表面形状を研削加工で高精度に形成する技術を確立した。こうして転造での量産化が実現し、安価に製造できるようになった。

いちばん苦労したのは金型の開発だった。金型の表面形状や加工方法は思いついたのだが、それを実現するた

めの加工機がなかった。そこで、購入した機械を工夫して加工機として使ったという。

生涯チャレンジャー

こうして誕生したPLBv2はどのくらいの緩み止め性能を持っているのだろうか? 世界で最も厳しい試験機と言われているISO16130規格のユンカー式振動試験機で耐振動試験を行うと、試験終了後の残存軸力が93%という結果になった。なんと!最高の緩み止め性能を持っていたのだ(図4)。新仏たちの心は達成感で満ちあふれた。PLBv2は、ナットを溶接しないと緩んでしまうような激しい振動を受ける設備などに使われ、好評を得ている。

ニッセーでは、この技術をいち早く世界に普及させるために金型をレンタルし、技術使用権と商品製造・販売権を企業に貸与するライセンス事業を進めている。「日本が培った技術をさらに積み上げていきたい。ものづくりはとても面白い」と新仏は言う。実は新仏は69歳で大学院に入学し、博士号を取得。次いで天野も65歳で大学院に入学し、研究に励んでいる。そして大学での彼らの指導教員が桑原だ。竹増は毎週ニッセーを訪れ、開発を進めている。ねじは古い技術だと思われがちだが、まだまだ伸び代があることを彼らが証明してくれた。彼らは生涯、ものづくりのチャレンジャーなのだ。

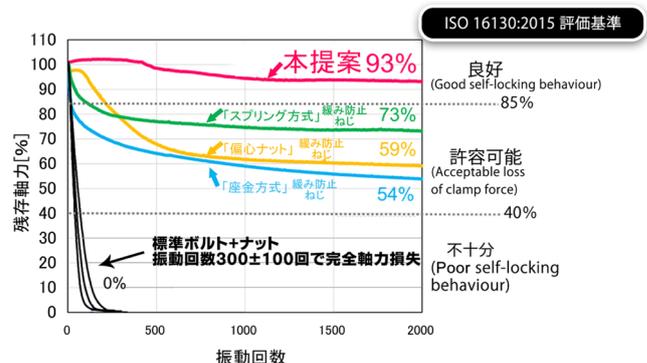


図4 緩み止め性能比較

取材・文 山田ふしぎ