

Japan BOLTED

モノ作り大国、ニッポン。

コーナー紹介

進化する日本の技術

世界が求める超特急/世界トップメーカーの誇りを胸に

特集

太径ボルト締結の革命

伝統と最新テクノロジーの融合/多くの課題を一掃するスーパーボルト

WEB運動スペシャルインタビュー

工学博士 酒井智次先生 インタビュー

THE EXPERTS

基本に立ち返る：ボルト締結の「軸力」とは

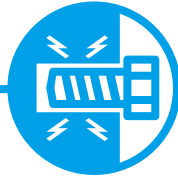


太径 が 負担になる時代は 終わった。

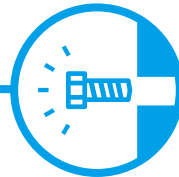
Innovative technologies for tightening
large bolts and studs.



軸力管理



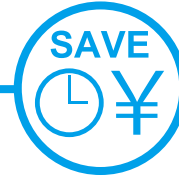
焼き付かない



かんたん取外し



危険作業排除



コスト削減

SUPERBOLT™



手工具だけで締結できる

だから「高所」「狭所」も確実

スーパーボルトは、ナットボディ周囲にぐるりと配置されたジャックボルトを手工具で締め付けただけで太径ボルトが締結できる革新的なソリューションです。既設のボルト・ナットからそのまま置き換えが可能で、高所や狭いスペースなど難しい環境でも安全・確実な締結が行え、焼き付けも起こしません。

BOLTIGHT™



複数のボルトを一括同時に締結

だから「均一」「多箇所」締結が可能

ボルタイトは、高性能油圧式ボルトテンショナーです。フランジのカップリングなど、複数の太径ボルトを均一の圧力で同時締結したい場合などに大きな威力を発揮します。また、標準品にも幅広いラインナップがあるため様々な環境に適應できる他、個別環境・用途に合わせたカスタマイズも可能です。

株式会社ノルトロックジャパン

大阪オフィス | 〒562-0028 大阪府箕面市彩都粟生南1丁目18番35号
TEL: 072-727-1069 FAX: 072-727-1072

東京オフィス | 〒140-0013 東京都品川区南大井3丁目22番7号-2F
TEL: 03-6423-1069 FAX: 03-6423-1072

www.nord-lock.com

NORD-LOCK
GROUP

ノルトロックは、あらゆるボルト締結の最適化を
目指し、様々なご相談を承っております。

ノルトロック

検索



「BOLTED」誌は、ボルト締結技術についての知識の向上を目指し、ノルトロック社が発行している雑誌です。ノルトロックグループは、ボルト締結システムにおける世界トップ企業であり、ノルトロックワッシャーのウェッジロックキング技術やスーパーボルトテンショナー、ボルトタイトの油圧テンショニング、そしてエクスパンダーシステム等の幅広い製品を提供しています。これら独自のソリューションは、厳しい振動や衝撃にも対応し、安全なボルト締結を確保します。詳しくは、

www.nord-lock.comをご覧ください。

「BOLTED」誌は、英語、ドイツ語、日本語、フランス語、中国語、スウェーデン語、フィンランド語で年2回発行され、世界中でノルトロックグループのお客様に無料で提供しています。今号は特別増刊として日本国内の事例のみを特別に編集し、刊行される「Japan BOLTED」誌となります。

編集者：
岡田 圭佑

keisuke.okada@nord-lock.com

企画：

株式会社ノルトロックジャパン
www.nord-lock.com/ja/

記事執筆・写真：
岡田 圭佑

制作・プリプレス：
プラスアイシーオー社
www.plus-ico.com

表紙：

Getty Images, PIXTA, Thinkstock

依頼のない投稿原稿はお受けしませんのでご注意ください。本誌の資料を許可なく複写・複製することは禁止されています。許可を希望される場合、編集担当 keisuke.okada@nord-lock.com までお問い合わせください。本誌の記事、および記事内で表現される意見は、必ずしもノルトロックグループや発行者の見解を反映するものではありません。

ご意見やコメントをお寄せください。
nj@nord-lock-jp.com

プラスアイシーオー社により日本で印刷
使用紙：(表紙)コート 160g
(本文コート)90g

「Japan BOLTED」誌は、広報雑誌です。誌内で提供される情報は一般的なものであり、様々な決定や特定の問題に関する助言ではありません。情報の使用は使用者自身の責任であり、ノルトロックグループは、本誌によって提供された情報の使用によって直接・間接または偶発的・結果的に発生するどのような損傷にも責任を負いません。

NORD-LOCK GROUP

もう一度「日本」を世界に発信する時

アジア市場の成長を背景に、昨今では以前にも増して日本企業の海外進出の動きが加速しています。2016年度の外務省発表資料では、21のAPEC参加国・地域のGDP合計は全世界のGDP合計の6割を占めており、アジア市場が世界の中で果たす役割の大きさを示しています。もはや企業にとってグローバル市場に進出することは特別ではなく、また大企業の特権でもなくなりました。逆に少子高齢化による生産人口の減少やIT技術の発達により日本市場に新規参入して来る海外の企業は増加の一途を辿っています。

ノルトロックジャパンでは、こうした背景から今こそ高い水準のモノづくりで世界中から高い評価を確立している日本の技術を私たち自身で再確認し、日本国内だけでなく世界に向けて発信すべき時だと考え、「Japan BOLTED」刊行に至りました。この場を借りまして取材にご協力いただきました各企業様に御礼申し上げます。

本号では上記のコンセプトの下、日本国内のノルトロック製品ユーザー企業様にスポットを当て、ボルト締結を通して如何に日本の企業が緻密な計算のもと安全性に配慮しているか、世界の中でも最高水準の「当たり前」を実現しているのかを世界に発信しています。例えば日本国内における鉄道網の発展は世界でも類を見ないほどの水準にあります。鉄道会社が日夜続けている安全性保持のための努力は

大変なもので、車両や施設を支えるボルト締結は全てのメカニズムの基礎となっています。また、海洋環境規制が年々厳しさを増す中で先駆的な独自技術でそれに対応する船用エンジン、発電効率や環境性能を誇る各種タービンやコンプレッサ等の工業用機械においても、安全性や作業効率の理由からノルトロック製品が多く採用されています。

そして技術面では特別企画として、「ねじ締結概論」の著者として知られる元トヨタ自動車、現酒井ねじ締結相談室 室長の工学博士・酒井智次先生をゲストにお招きし、ボルト締結の基礎的なお話から実際に現場で起こる様々な課題に至るまでのご意見をいただきました。日本国内の興味深い事例が盛りだくさんの内容になっています。特別増刊「Japan BOLTED」、どうぞお楽しみください！



宮下 進次
株式会社ノルトロックジャパン
代表取締役社長

04



14



18



CONTENTS

04 進化する日本の技術

モノづくり大国として更なる進化を遂げる日本の技術。多くの乗員・乗客や貨物を輸送する日本が世界に誇る技術にも、ノルトロックの製品の信頼性は認められています。

14 Web連動 スペシャルインタビュー

ボルト締結のバイブルと評される「ねじ締結概論」の著者である工学博士・酒井智次先生に「ボルト締結とはどういうものか」をテーマとして興味深いお話を伺いました。

08 ノルトロックグループで安全確保

13 エキスパート

12 スポットライト

今号のスポットライトでは、「こんなところにも?」という意外なところで活躍するノルトロック製品をご紹介します。長年の悩みがたちまち解決したショートストーリー。

18 特集: 太径ボルト締結の革命

多くの苦勞がつきまとうM30を超える太径ボルト締結。ノルトロックには、危険作業も待機時間の発生もなく誰でも簡単に締結できる画期的な解決法があります。

22 OUTLOOK—ボルト締結の世界

進化する日本の技術

提供：JR東海



全ての車両は定期的に全面的な検査を受け、精緻なオーバーホールを施されています。

世界が求める超特急

顧客： 東海旅客鉄道株式会社 (JR東海)			製品： 新幹線N700系車両	
編成重量： 715t	乗車定員 (16両)： 1,323名	電動車比率： 14M2T	ユニット編成： 4両1ユニット	車両長 (中間車)： 24,500mm
車体幅： 3,360mm	最高速度： 時速285km (山陽区間では300km)			

最高時速285kmものスピードで日本の東西を結ぶ東海道新幹線を運営する東海旅客鉄道株式会社 (JR東海) は、今や世界中がその進化に注目する技術力と運行システムを有しています。新幹線の海外向け輸出事業は、日本政府が最重要項目の一つとして掲げる「インフラ輸出」の中心的な位置付けとなり、各国で導入が検討されています。2007年に運行が開始された最先端の技術と機能美を兼ね備えた新幹線「N700系」は、運行開始から間もなく10年を迎えようという今も尚、更なる進化を続けています。

世界的な評価を確立した背景には、優れた技術力や運行システムだけでなく、最高水準の安全性も大きな評価点となっています。それは、1964年の運行開始以来半世紀以上に渡り、乗車中のお客様の死傷事故がゼロという実績に表れています。私たち日本人にとって、列車が時刻表通り遅延なく安全・正確に運行されていることは空気のように当たり前のこととなっています。しかし、人々が当然と考えているサービスを日々当たり前を提供する。世の中にこれほど難しい仕事があるのでしょうか。JR東海は、それを世界に誇るべき水準で実現している代表例の一つであり、そのN700系の10年に及ぶ歴史は、ちょうどノルトロックワッシャーがN700系を支え続けている歴史と重なります。編成重量715tにも達する巨大な16両編成の車両が最高時速285kmものスピードで走行する。ここに要求されるボルト締結システムは、当然ながら完璧な信頼性をもったものです。

JR東海は長年に渡ってこの問題に取り組んで来ました。熟練した技能を持った作業員たちが、日夜極めて精緻に整備・点検し安全性を確保して来ました。そこには膨大な労力と時間を費やす必要がありました。ノルトロックワッシャーは、どれだけ過酷な振動環境でも緩み回転を物理的に起こさせない機構を持っており、長年に渡るこの課題を大きく進歩させることができたのです。また、ノルトロックワッシャーを採用することで緩み止めナットを使用する必要がなくなりました。緩み止めナット1つの重さは軽微なものですが、何百何千と使用されていた緩み止めナットが不要となることで、ノルトロックは車両の軽量化にも貢献したことになります。

東海旅客鉄道株式会社 新幹線鉄道事業本部 車両部 車両課の藤井忠担当課長は、ノルトロックワッシャーという製品自体の信頼性だけでなく、ノルトロックジャパン営業技術員のサポート体制にも大きな信頼を寄せています。「正直、特に高い信頼性が必要とされる部分のため、新規部品の採用については当初積極的に考えてはいませんでした。ところが社内で検討する段階で振動試験機を持ち込んだる実演、定量的なデータによる既存締結部品との比較、技術的なサポート体制など、新規部品に信頼を置けるようになってきました。(当時は) 2枚組のワッシャーが現在のように糊付けされていなかったのですが、私どもの改善要望に対しても非常に迅速に対応いただき、これなら常に誠実に対応していただけるという安心感が大きなポイントでした。」



ノルトロックワッシャーは、作業員の技能に依存しないという点でも、作業効率の点でも、優れたソリューションとなっています。

N700系車両は、2013年2月よりN700A (Advanced) として更に安全性・信頼性を向上させており、また今後革新的な新技術によるN700S (Supreme) にてフルモデルチェンジの新型車両の完成が予定されています (営業運行開始は2020年目途)。今後もノルトロックワッシャーは新幹線車両を支え続けて行きます。日々の整備・点検時にボルトの増し締めを行う必要がない作業環境下では、作業者はこれまで以上に詳細な箇所での点検を行う時間的余裕を持つことができ、このことが更なる安全性と技術の進化に繋がります。JR東海が運行する東海道新幹線は、今日も世界中の注目を浴びながら安全・正確に、時速285kmで乗客を運びつつ、それ以上のスピードで進化を続けているのです。■

世界トップメーカーの誇りを胸に

顧客： 三井造船株式会社	製品： 船用2ストローク・ディーゼルエンジン
出力レンジ： 5,300kW-82,000kW	サイズ： 全長5.6m-23.2m×全高8.7m-15.4m
重量： 180t-2,400t	回転数： 58rpm~127rpm

三井造船株式会社は、船舶の建造だけでなく海運業に関わる広範な製品を世界に供給する伝統ある老舗企業です。1926年(昭和元年)、同社はデンマークのB&W社(現MAN Diesel&Turbo社/ドイツ)と技術提携を結び、以降そのライセンスラーとして船用ディーゼルエンジンを製造、世界中の造船会社に供給しています。同社は累計生産馬力9,000万馬力超、累計生産台数6,000台にも上る世界トップの実績をもつだけでなく、ライセンス製造を行いながらも、独自の技術を加えて製造を行っています。時にはライセンスであるMAN社から相談を受け、製品の試験運転や仕様改善の提案など共同開発のような形でライセンス設計自体に関わることもあるという点が、同社の技術力を裏付けています。世界トップメーカーとして、どのような想いをもって業務に当たられているのか、三井造船 玉野事業所でディーゼルエンジンの設計を担当するディーゼル設計部 詳細設計グループ課長・稲住元気氏と、課長補佐・内田智氏のお二人にお話を伺いました。

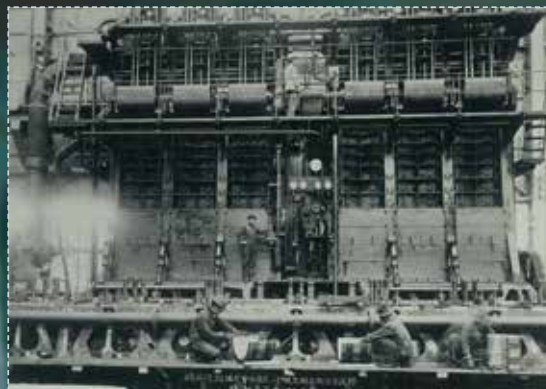
「三井造船では後流の業務が円滑に進行するよう、現場で作りやすい製品づくりを心掛けています。船用エンジンは使用する部品の数も種類も膨大ですが、工程管理や調達にも独自の工夫を行い、業界ではよくある納期遅れを起こすことなく確実に製品を納めるという点もその1つです。その点ノルトロックワッシャーは、誰でも簡単にに取り付けることができ、作業性の改善という点で素晴らしい製品だと思います。」

元々はライセンスであるMAN社の規格にスペックインされていたことからノルトロックを使用し始めた同社は、その緩み止め性能と作業性の高さに気付き、独自にノルトロックの採用箇所を増やして行きました。例えば、膨大な数のボルトで固定されるエンジンのチェーンケースは、ライセンス側ではワイヤーロックで緩み対策を行っていましたが、同社ではこれを全てノルトロックワッシャーに変更しました。「ワイヤーロックは作業者の技量に左右される不確かさがありますが、ノルトロックであれば誰でも簡単に取り付けできるので、作業時間を大幅に短縮でき、確実です。これは作りやすいエンジンを設計するという当社の思想にも非常によく合致しています。」(同社・稲住氏)

また、ノルトロックはあらゆるボルト締結の最適化を目指し、製品の販売だけでなく様々な技術的サポートも行っています。同社の稲住氏は、ノルトロックのサポートについてこんなお話を聞かせてくれました。「足繁く通ってデモを見せていただいただけではありません。私たちがボルト締結がどうあるべきかという点を理解して行く上で非常に助けてもらいましたね。VDIの専門家をお連れいただいたこともあり、お蔭でVDIというものを理解できました。それに基づいた設計や顧客対応も可能になっています。また、組立現場がライセンス側の意図を理解できないこともありましたが、ノルトロックが間に入ってMANが意図している新しい締結の考え方を現場に伝えてくれたので、作業者の意識改革にも貢献してくれました。このようなサポートには大変感謝しています。」

船用ディーゼルエンジンの世界トップメーカーである同社は、顧客である造船所のニーズに対応可能な幅広いレンジの機関が供給可能であり、それに合わせた製造体制を整えています。船全体を最適化することが最重要であるという考え方は、製品を販売する以上にボルト締結の最適化というトータルの目的を見据えるという理念を持つノルトロックにとって、非常に共感できるものです。多くの独自技術や最新技術を駆使しながらも、エンジンだけでなく船舶の建造全体が円滑に進行するような心配りを欠かさない点が、非常に印象深いお話でした。

海洋環境保全の取り組みや出港後のIoTを駆使した主機関モニタリングなど、船舶業界も日々進歩しています。技術革新という名の海では、その最前線で温かいハートを持った三井造船が、滞りなく確実に、業界をけん引しています。■



1926年,MAN B&W社との提携開始頃。昭和初期から続くMAN社との船用ディーゼルエンジン製造に関する技術革新協業は、世界トップとなった今でも続いています。



千葉県に試験設置された、世界最初のガス燃料式ディーゼルエンジン。発電用途であったが、ここから得られた知見が、独自技術の一つであるガス2元燃料式エンジンの礎となっている。

メンテナンス性を前に進める

顧客：
三菱日立パワーシステムズ株式会社

製品：
J形ガスタービン

2014年2月1日、三菱重工業と日立製作所の火力発電事業部門が統合され、三菱日立パワーシステムズ株式会社が誕生しました。「われわれの目標は、火力発電分野で世界ナンバーワンになること。そのためには三菱と日立の早期融合によるシナジー効果を最大限に発揮することが重要だ。」西澤社長の言葉通り、高い技術力とノウハウを必要とする大型ガスタービンを手掛ける三菱重工業と、中小型ガスタービンに加え電気・情報系などの運転制御技術を得意とする日立製作所の統合により、幅広い製品ラインナップを有し、国内外の多様な電源ニーズに対応することが可能となりました。

その多様なラインナップの中で、出力・効率共に最も優れるのがJ形ガスタービンシリーズ。兵庫県高砂市にある複合発電プラント実証設備で長年検証されたその信頼性から、国内外の発電

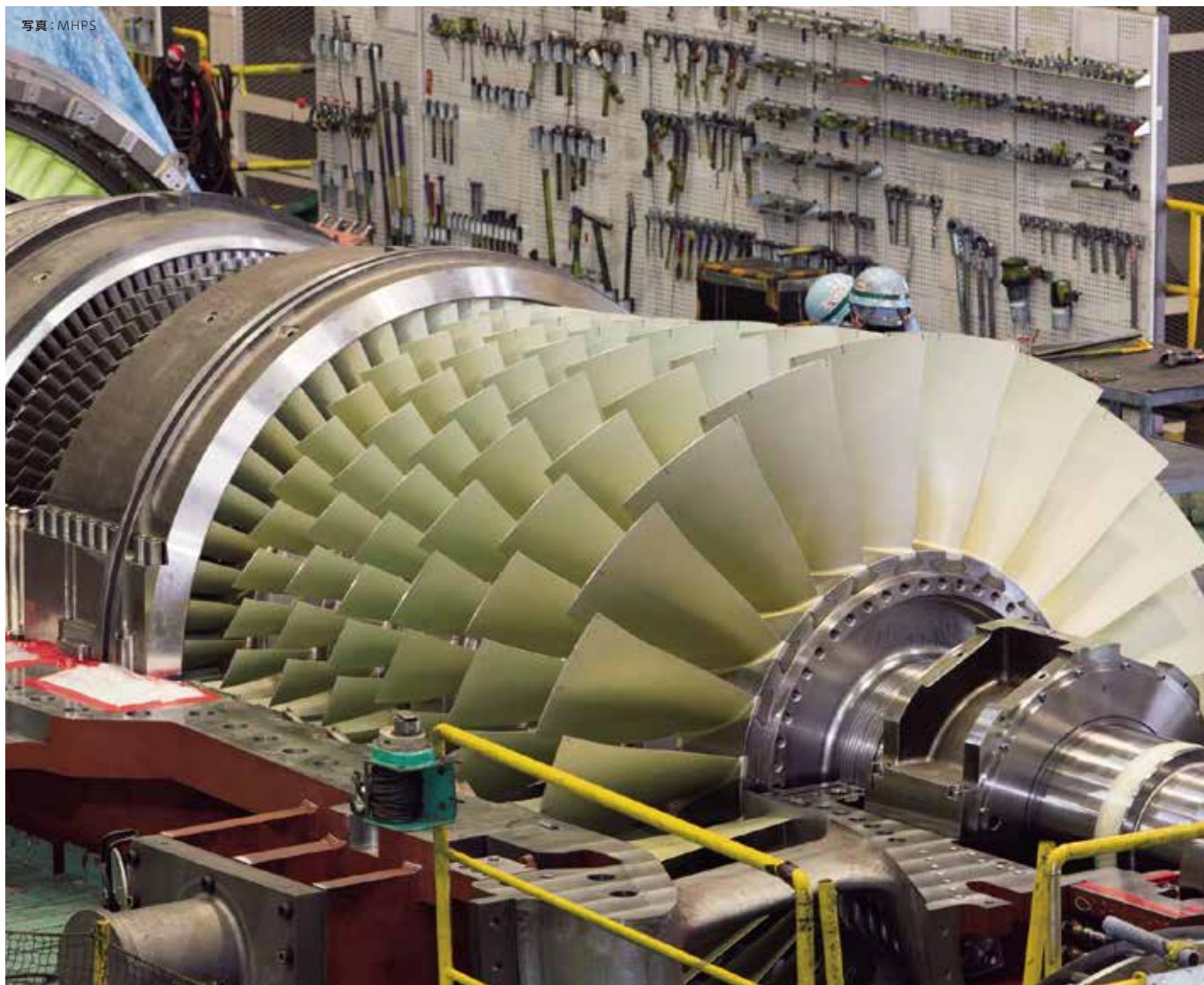
所のお客様から多くの支持を得ています。また、ノルトロックワッシャーを多用したメンテナンス性の改善がお客様満足度の向上に寄与しています。従来使用していたワイヤリングや舌付き座金などによる緩み止め方法と比べて、短時間で作業を終えることができる点は多くのお客様から支持を得ています。また、ノルトロックワッシャーそのものに起因する緩みを経験していないことも支持される理由のひとつです。

発電所は今、定期点検の工期短縮がトレンドとなっています。効率の良い設備を使い、できるだけ多くの発電機会を得たい。技量の要るワイヤリング作業や舌付き座金の舌を折る煩わしい作業に代わり、まわり止め作業が一切いらぬノルトロックワッシャーは、こういった場面でもその恩恵を十分に発揮します。工程上ボトルネックとなる作業へのノルトロックワッシャーの適用は

更に効果があり、三菱日立パワーシステムズでは、ノルトロックワッシャーの更なる適用範囲の拡大にむけて、日々検討に取り組んでいます。

気候の変動の影響を受けやすい再生可能エネルギーに比べて、ガスタービンは燃料を効率よく利用でき、窒素酸化物等の排出量を低く抑えることができるなど、安定的でかつ環境にも優しい発電設備です。このガスタービンの稼働率を可能な限り向上させることが重要であり、メンテナンス性の継続的な改善こそが、工期短縮、ひいてはお客様満足につながります。

MOVE THE MAINTENANCE FORWARD. 三菱日立パワーシステムズは、この高効率ガスタービンのメンテナンス性向上のための取組みを押し進め、火力発電分野のトップを目指します。■



極限環境から得られるもの

顧客: 日野自動車株式会社、日本レーシングマネージメント株式会社	プロジェクト: ダカールラリー	開催期間: 14日間	総走行距離: 9,332Km
期間中最高気温: 45℃以上	製品: 日野レンジャー		



写真:JRM

日野自動車は、「世界一過酷なレース」と呼ばれるダカールラリーに毎年参戦している日本の自動車メーカーで、驚いたことに、6人中4人のメカニックは毎年、全国の日野自動車販売会社より公募選抜されたメカニックに入れ替えられます。レースに勝つためには、経験豊富なメンバーで臨む方が良い結果が期待できそうに思えますが、日野はなぜメカニックを毎年入れ替えてしまうのでしょうか？その理由は、日野自動車という企業が考える顧客サービスにありました。

ダカールラリーに参加する「日野チームスガワ」のチーム代表であり日本レーシングマネージメントの会長である菅原義正氏は、「ダカールラリーに参加する意義を、単なる企業の宣伝に留まらず、そこから学び取れる多くのことを顧客が使用する一般車の整備やサービスに活かすことこそが、最終的に日野自動車の利益になると考えています。

私たちノルトロックの製品は、最も過酷な振動に晒されるホイール部を始め、ショックアブソーバーやプロペラシャフトなど、計20以上の締結箇所に使用されています。ノルトロックワッシャーやホイールナットは、勿論ゆるみ止め製品として非常に高い水準を持っているものの、レース前後の1か月間に渡って連日過酷な環境に置かれ、本当に緩むことがなかったのでしょうか？私は今年度2016年のダカールラリーに帯同したメカニックにインタビューする機会を得ることができました。その質問をぶつけてみると、メカニックの面々から、ノルトロックに緩みが発生したことはなかったこと、更には「自分の車にもつけ

ちゃいましたね。」と笑顔で答えてくれ、私たちは感激を覚えました。

工場や倉庫ではなく屋外で、しかも日本では考えられない環境下で、毎日の整備に当たるダカールラリーのメカニックにとって、整備に要する時間は大切です。実際に修理や整備のために夜を徹した作業になることも珍しくなく、その中で「増し締め」の作業時間をゼロにしたノルトロックは安全性だけでなく作業時間の確保にも貢献したことになります。ダカールラリーに出たいから日野に入社したという彼らは、大きな舞台を経験し「夢が叶った今は、後輩の目標達成もサポートして行きたい」「どんなことでも諦めなくなった」「大きなことを達成した自信と責任を感じるようになった」と、子供のように目を輝かせて

語ってくれました。私たちは今年もまた、彼らをサポートできることを誇りに感じています。■



ノルトロックホイールナットで締結されたホイール。ラリー中も全く緩むことはありませんでした。



2016年大会参加のメカニックチーム。過酷を極めるダカールラリーを通して得られたものは、自身のみでなく全国の顧客に還元されます。

世界最高レベルの効率化

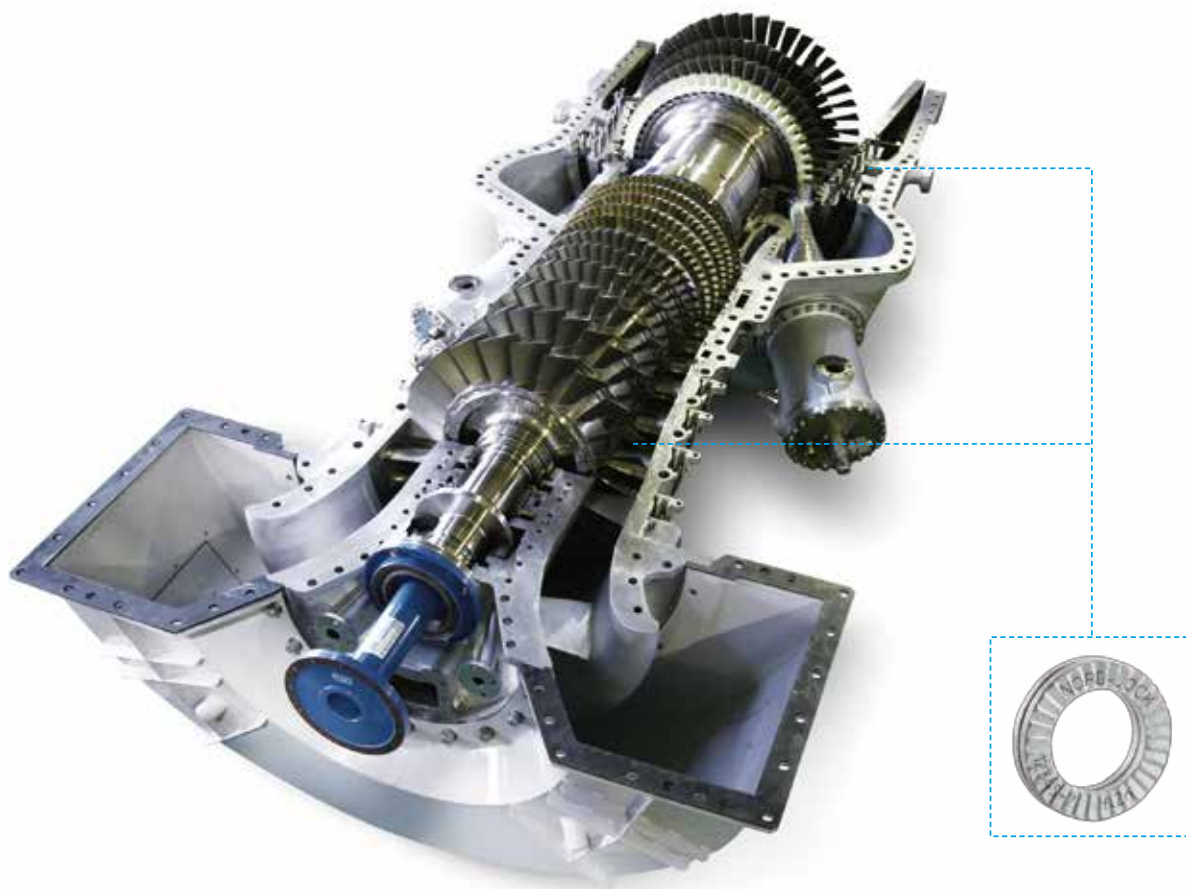
顧客: 川崎重工業株式会社	製品: M7A-03D ガスタービン	出力: 7,610kW
総合効率(発電端効率+熱回収効率): 85.2%	NOx値: 52.5ppm (O ₂ =0%)	NOx低減方式: DLE燃焼方式

川崎重工業株式会社は、本年2016年で創立120周年を迎えた日本を代表する企業の1つで、航空宇宙分野から鉄道、バイク、エネルギー関連機器等、多岐に渡る製品を製造しています。中でも工場等の自家発電設備として使用される中小型ガスタービンは、1次エネルギーである燃料から電気・蒸気等複数のエネルギーを生み出す「コージェネレーション」として運用され、特にM7A型ガスタービンのエネルギー効率は発電効率と熱回収効率を含めた総合効率にて、実に世界最高レベルの85.2%に達します。川崎重工業は純国産のガスタービンとして、同社独自の技術で本性能を実現しています。

一方、効率という点において、ガスタービンのような設備機器にとっては、メンテナンス効率もまた重要な要素となります。本M7A型ガスタービンの圧縮機部やタービン部に使用されている一部のボルトには、緩み止めとしてワイヤーロックが適用されていましたが、緩み止め効果が作業者の技量に左右され作業効率も低いという課題があり、さらにワイヤーの締め付け不足による運転中のワイヤー折損のリスクも孕んでいました。それに対し、ノルトロックワッシャーは、2枚組のワッシャーを取り付けるだけで振動等による回転緩みを物理的に防止します。また、2枚組のワッシャーは予め糊付けされているため、作業者

がワッシャーの組合せの向きを間違えてしまうこともありません。従来は40-50本のボルトにワイヤリングが必要でしたが、現在ではノルトロックワッシャーを適用することにより、作業の難易度が格段に下がっただけでなく作業時間も圧倒的に短縮することが可能となりました。こうして世界最高レベルの効率を誇るガスタービンは、メンテナンスにおけるボルト締結の作業性も最高レベルに効率化されています。■

写真: 川崎重工業



The Art of Work

顧客：
東日本旅客鉄道株式会社、第一建設工業株式会社、栄光産業株式会社

用途：
現美新幹線ホーム柵の固定



©mika ninagawa.Courtesy of Tomio Koyama Gallery

画像：JR東日本

成熟の域に達した日本の鉄道。その中には、以前とは違った「使命」を持つようになったものもあります。その代表格で、ひと際異彩を放つ存在が、JR東日本が本年2016年4月から運行を開始した、現美新幹線です。

既存のE3系の車両を「世界最速の芸術鑑賞」というコンセプトの下にリノベーションした現美新幹線は、日本国が抱える課題の一つである「地方の経済活性化」という大きな使命と共に、上越新幹線経路内の越後湯沢―新潟間を華麗に走り抜けます。新幹線が技術の進歩とは別のベクトルへも進化を始めたという事実は、世界中の鉄道の未来像にとって、そして日本全体にとっても、大きな可能性となるかも知れません。

およそ50分間の別世界。その時間を買うほぼ全ての乗客は、JR東日本とその協力会社のチームが絶え間なく続ける安全性向上のための努力に気付くことはないでしょう。しかし、気付かれないほど当たり前という事実自体が、現美新幹線を支える人々がこれまでに勝ち取った成果なのです。例えば、現美新幹線のホームには乗客の転落防止を目的にホーム柵が設置されています

が、これはノルトロックワッシャーによって支えられています。JR東日本の施工事を担当する第一建設工業株式会社の協力会社の一つ、栄光産業株式会社で一次現場代理人を務める岡田氏は、ノルトロックジャパンの営業技術員が実演したユンカー振動試験の結果にいたく感心し、即座にその信頼性を見抜きました。施工工事を行う第一建設工業株式会社と共にJR東日本へと提案し、数日のうちに実現に至ったのです。



写真：第一建設工業

施工工事はすべて夜間・早朝作業。乗客を守るホーム柵をノルトロックワッシャーで作業者が固定します

第一建設工業株式会社 土木主任である小谷松氏と栄光産業 岡田氏は、28年間鉄道工事に携わり、新幹線ホームやレール等の施設の保守という業務の厳しさとノルトロックワッシャーの信頼性について、こう話してくれました。

「当たり前のことですが、施設の保守作業は列車の運行時間内には行えません。例えば駅施設内の工事であれば、始発が走るまでには『常と同じ状態』に必ず戻しておかなければいけませんし、レール工事で切り離れた線路は始発が来るまでには全て走行可能な状態に戻しておかないといけません。作業だけでなく全ての検査項目で基準内に収めるだけの作業を終えていないといけないのです。」

常に作業時間との戦いである鉄道施設の保守作業では、「絶対に緩まない対策が必要」(岡田氏)というだけでなく、作業時間をいかに短縮し、全体の工程にゆとりを持たせるかという点も同じように不可欠な要素なのです。ノルトロックワッシャーは今日も明日も、夜霧の中、朝もやの中で確実性と作業時間との戦いを続ける施工工事に貢献し続けています。■

Keep on PLAYING!!

顧客: 島村楽器 ギターリペア工房	年間修理受付数: 6,060本 (2015年実績/東京工房のみ)	用途: エレキギターのジャック内断線の修理
使用箇所: ケーブルジャックナットの固定		



世界中のロックンローラーにはエレキギターが発明されたその日から、ある共通の悩みがありました。アンプへの出力ケーブルを差し込むジャック部のナットが緩み、内部で線がねじ切れてしまうのです。ステージで突然、ギターから音が出なくなる。プレイヤーにもリスナーにも、まさに“Rock And Roll is Dead”というあの言葉通りの、最悪の瞬間です。しかし、エレキギターには付き物とされ諦められていたこの現象は、スウェーデンで生まれた特殊なワッシャーとの出会いにより、遂に終焉を迎えました。

国内最大の楽器小売店である島村楽器は、楽器の修理工房も持っています。世界トップレベルのアーティストにギターを作る職人でもあるルシアー駒木氏が率いる島村楽器のリペア工房には、修理のために毎日いくつもの楽器が持ち込まれますが、中でも群を抜いて多いのが、このジャックの断線です。何か良い方法がないものか、常々考えていた駒木氏は、ある展示会で偶然ノルトロックに出会います。以降、修理でノルトロック

ワッシャーを取り付けたギターが再び断線を起こして工房に持ち込まれることはなくなりました。世界共通の長年の悩みが、遂に解決されたのです。駒木氏は熱を込めて、こう語ってくれました。「島村楽器は楽器の販売以上に、楽器を演奏する人を増やしたいんです。楽器には愛着が湧くもの。それを修理することで長年愛用してもらい、楽器離れを防ぎたいんです。だからハイエンドの高価なギターより、初めて買う安価なエントリーモデルに、修理対応ではなく生産時からノルトロックを導入したい。思い出のある最初の一本がいつまでも弾ける。こんなに素晴らしいことはないでしょう?」

本取材からしばらく経った後、ノルトロックジャパンには駒木氏より実際にエントリーモデルのギターへの採用が決定したという知らせが届きました。愛着のあるギターがいつまでも奏でられ、音楽を愛する人を増やす。島村楽器とルシアー駒木氏のハートのこもった取り組みに、ノルトロックも少し貢献しています。■

All for SURE SHOTS

顧客: 渋谷アーチェリー	用途: サイト (照準器) の固定	使用箇所: コンパウンドボウ向けサイト
-----------------	----------------------	------------------------



アーチェリーサイト (照準器) 等のブランド「渋谷アーチェリー」は、リオ五輪の出場128選手のうち実に65名がそのサイトを使用し、24あるメダルのうち13個を生み出したという世界を席巻しているブランドです。製造課 係長の梅澤真一氏はある時、自社製のサイトを新たに設計するというミッションを託されました。“The Choice of Medalists”というステートメントを掲げる同ブランドにあって、これは大きな挑戦です。コンパウンドボウ向けサイトにおいては、旧モデルが抱えていた課題の一つに、サイトを固定するねじが緩んでしまうというものがありません。計算上では、距離が短い30m先に設置された的を射る場合でさえ、矢の発射角度がたった1度ずれてしまうだけで命中点は50cm以上もずれてしまうのです。競技自体が精密さの上

に成り立っているため、照準器に起こるねじの緩みがどれほどの問題なのかは想像に難くありません。新たに梅澤氏が設計した「アルティマ」シリーズのコンパウンドボウ向けサイト「アルティマCPX」では、ノルトロックワッシャーを用いてサイトが強固に固定されており、発射時の弓の振動によるねじの緩みの心配がなくなっただけでなく、軽量化や特許を取得した独自のシステムが採用されています。このためルール改正により短時間で発射する必要に迫られていた射手は、ねじを締めたり緩めたりといった調整作業が不要となり、作業効率を飛躍的に高めることができました。結果、渋谷アーチェリーの「アルティマCPX」を採用するアーチャーは、より多くの時間的余裕をもって矢を射ることになるのです。■



1. 「アルティマCPX」サイトは、ノルトロックワッシャーを取り付けて組み立てられます。
2. コンパウンドボウの世界的アーチャーであるリンダ・オチャオ選手。数々の世界的名手が渋谷アーチェリーの製品を選んでいきます。



梁 完 (Yang Wan)
アプリケーション
エンジニア



竹中 正人
アプリケーション
エンジニア

ボルトの安全締結についてのご質問は、Eメール experts@nord-lock.com までお問い合わせください。



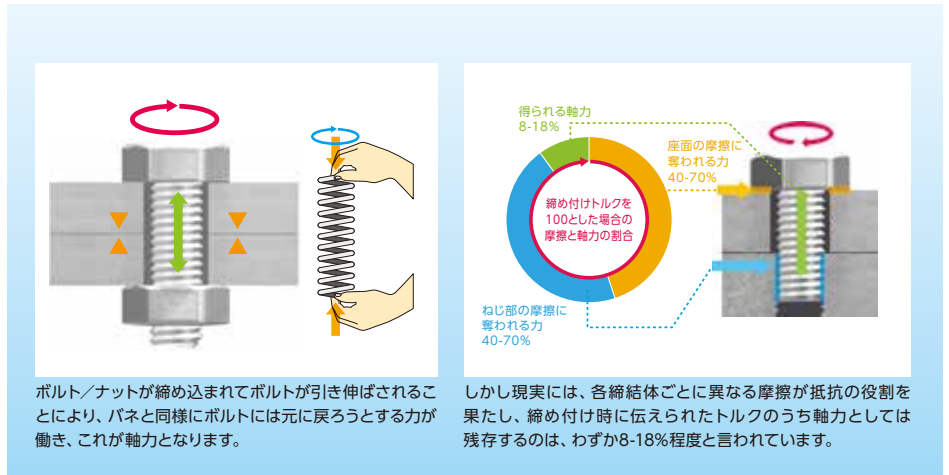
エキスパートに聞く

ボルトの安全な締結について尋ねたいことはありませんか？ ノルトロックのエキスパートたちにご質問ください。

基本に立ち返る：ボルト締結の「軸力」とは

Q:今さら聞きにくいのですが、「軸力」について、分かっているようで理解できていない気がします。「軸力」とはどういったものなのでしょう。

A:ボルト締結の目的は、複数のパーツ（被締結材）を固定することにあります。ボルト締結体には常に、パーツを離そうとする力（外力／重力や使用箇所にかかる各種の荷重）がかかります。その外力によって離れてしまわないようボルトに「軸力」を発生させ、その力によって被締結材を固定することです。ボルト・ナットは手で回して着座させた時点で、手ではそれ以上回せない状態になりますが、通常はそこから工具等を使って更に締め込んでいきます。その時点でボルトはナットやねじ穴に文字通りねじ込まれ、引き伸ばされます。引き伸ばされたボルトは、ちょうどバネと同じように元に戻ろうとする力を同時に発生させます。この力によってボルト締結体は固定されますが、この力が「軸力」ですね。



ボルト／ナットが締め込まれてボルトが引き伸ばされることにより、バネと同様にボルトには元に戻ろうとする力が働き、これが軸力となります。

しかし現実には、各締結体ごとに異なる摩擦が抵抗の役割を果たし、締め付け時に伝えられたトルクのうち軸力としては残存するのは、わずか8-18%程度とされています。

ボルト締結体には、相手材やかかる外力によって設計上適正な軸力値が存在します。その適正な軸力を得るために、適切な締結方法が必要になります。ボルト締結において重要なポイントは、

- ① **パーツ（被締結材）の間で滑りを起こさない**
- ② **パーツ同士が遊離しない**
- ③ **（ボルト自身など締結部材を含む）各パーツが壊れない（降伏しない）**
- ④ **ボルトが疲労破壊しない**
- ⑤ **締結するための正確な締め付けの5つと言えるでしょう。**

■ボルト・ナットの締め付け方法

軸力とは、ボルトの軸方向に作用する力を指します。「軸方向」とは、ボルトそのものを差し込む方向です。これに対して、ボルト軸を輪切りにするようなボルト軸に対する垂直方向を「せん断方向」と言います。ボルト締結は先述の通り軸力によって成り立ちます。その軸力を発生させるために、様々な締め付け方法がありますが、最も一般的な方法はボルト又はナットを回転させて、「トルク」で軸力を発生させるトルク法です。

この「トルク」と「軸力」は混同されているケースがありますが、「トルク」は回転させる力を指す言葉ですので、ボルト

締結に用いる場合は、ボルト・ナットを締め付ける際に、そこにかかる回転させる力です。対して「軸力」は、トルクをかけてボルト・ナットを回して締め付けた際に、摩擦によって力が奪われた後に、締結体に締結力として残存する力です。トルクによってボルト締結体が固定されるわけではありませんので、トルク管理を行っていても、各締結体の摩擦係数には必ずバラつきが生じるため、軸力自体が管理されていることとイコールではないのです。他のボルト締結方法には、回して締め込むのではなく直接ボルトを引っ張ることで軸力を得るテンション法などもあります。

ノルトロックジャパンのテクニカルセンター

Q:国内のテクニカルセンターでは、どのようなことができるのでしょうか？

A:ノルトロックジャパンのテクニカルセンターは、国内の本社がある大阪にあります。国内のテクニカルセンター単体でできることは以下ですが、この他にも外部の試験機関と協業して様々な試験・検証作業を行うことができます。

①トルク・軸力試験

- ご使用のサイズで設計上の想定軸力を得るための締め付けトルクを検証
- 締め付け時の軸力のバラつき（摩擦係数のバラつき）検証
- 潤滑剤の比較
- 使用環境に合わせたノルトロックワッシャーのロック機能検証

②ユンカー振動試験（ドイツ工業規格DIN65151準拠）

- 使用環境でのノルトロックワッシャーの耐振動性検証
- 他の緩み止め製品との耐振動性比較

③太径ボルトの締結方法比較

- 人間の力で締め付け困難な太径ボルトの締結方法検証

→スーパーボルト or ボルタイト製品と他の締結方法の比較

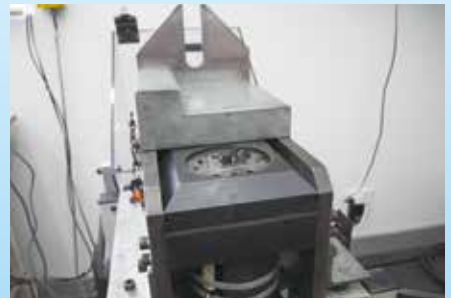
④超音波によるボルト軸力測定

- ボルタイトの超音波軸力計「エコメーター」による超音波軸力測定

現在までの実績として、その他にも外部機関との連携の下、-196℃（液体窒素の沸点温度）環境でのノルトロックワッシャーのロック機能検証試験などを実施した実績があります。ご使用環境を再現しての各種検証試験は、お客様の方で部材のサンプルをお手配いただく等がクリアできれば、耐振動性の検証や、他の製品との緩み止め機能の比較試験が実施できます。

近年は採用前に何らかの検証や試験を社内的に求められたり、何かのトラブルがあった際の原因究明等で試験のご依頼も増えています。もし大阪までお越しになる機会があれば、当該試験だけでなく、ボルト締結に関する様々な検証作業や弊社の他製品のデモを含めた幅広いボルト締結の課題解決の糸口が見つけれられるかも知れません。特に社内で試験結果のレポート

等ご入用の際には、弊社テクニカルセンターで試験後にベーパーでのレポートをご提出し、別添資料として試験模様動画をご送付できる場合もあります。ボルト締結に関するお困りごとやご相談があれば、いつでも株式会社ノルトロックジャパンまでご相談ください。KO



ドイツ工業規格DIN65151に準拠したユンカー振動試験機。ロードセルと呼ばれるセンサーで締め付け時、解除時のトルクだけでなく、発生する軸力もリアルタイムで計測できる。

WEB 連動
INTERVIEW

ボルト締結とは どういうものか。



どの産業でも業種でも、またどの国と地域でも、私たちの身の回りのどこにでもあるボルト締結。ボルト締結とはそもそもどのようなもので、設計者や技術者は何を把握しておくべきなのか。今回はその基本に立ち返り本質を理解するため、ボルト締結の権威である工学博士・酒井智次先生にノルトロックジャパン代表取締役社長・宮下進次が同社大阪本社にてお話を伺った。

宮下: 酒井先生、わざわざお越しいただきありがとうございます。本日はボルト締結についていろいろと伺って行きたいと思いますが、まずはざっくりしたご質問で恐縮ながら酒井先生の著書「ねじ締結概論」でも触れられている、酒井先生の考える理想の締結とはどのようなものか、お聞かせください。

酒井: 一口で言ってしまうと、特殊なものでなく広く普及した汎用のねじ部品を用いること。そして、これが問題なのですが、あらゆる不具合を起こさない、そういうねじ締結設計を行うことです。特殊な部品を使わざるを得ない場合でも、可能な限り一般的なねじ部品を用いてあらゆる不具合を起こさない設計をする。私の過去の経験上、一つの製品であっても非常に評価項目の多い仕事をしていましたものから、どれか一つでも評価漏れがあってはいけない。たった一つの不具合でも起こってしまえば、それで全てダメになる。だから、あらゆることに目を配っていなければいけないし、全て

において不具合を出さない、というのが理想です。「評価漏れがない」というのが、私が最も重要視するポイントです。

宮下: 特殊なものを使わないというのも、想定外の不具合を避けるということですね。

酒井: もちろんそれもありますが、私が「ねじ締結概論」で取上げてたったの2ページで一つの章としている第1章「ねじ締結体設計の基本的な考え方」の部分。そして、第2章「ねじ締結部の不具合現象」。これは4ページです。これらは、ねじ締結に関わる全ての人に最初に承知していただきたい基本的なことなので、たったこれだけのページ数ですが、取上げてそれぞれを一つの章にしているんです。例えばよくある話で、遅れ破壊という現象を知らない人が多いですね。実際にあった話で、遅れ破壊を知らない人が設計すると、遅れ破壊に対する配慮が全くない設計になってしまう。これらねじ締結の不具合現象全てが起らないように、とい

うのが漏れない評価です。全ての不具合項目をリストアップして、全てチェックするということが必要だと、私は思っています。「漏れないように」と口うるさく言いすぎて、当時の私のあだ名が「漏れない酒井さん」になってしまいましたね(笑)。

宮下: 重要だからこそ、取って長々と書かず本質だけをまとめたということですね。

酒井: そうです。第1章、第2章にある“基本”と“不具合現象”を承知していないと、思わぬところで大きな落とし穴に引っかかる、ということもあるわけですね。

宮下: 我々もお客様からボルトが折れてしまったので原因を調べて欲しいと依頼されることがありますが、現実にはやはり軸力どころかトルク管理もままならないという現場がまだまだあります。ボルトの締め付け精度と管理という点についてはいかがでしょう。酒井先生の自動車業界独自のご経験もあるかと思いますが、

→ **酒井**: 締め付け精度という話になると、本来はトルク精度ではなく軸力精度ということでお話ししたいのですが、軸力は特殊な方法でないとなかなか測定できないですね。トルクは安価な工具でなく品質の高いものを選べば±5%程度の範囲で管理できますが、最も重要な軸力という観点から行くと、同じトルクでも摩擦係数によって発生する軸力が大きくバラつくということですね。この摩擦係数のバラつきが非常に大きな問題です。摩擦係数がバラつく原因は、はっきり言って私にはわかりません。昔、ボルト座面の表面状態、ボルトねじ部の表面状態、ナット側の座面とねじ部の表面状態、被締結部材の表面状態、これらを全て同じにした場合と、違うものの組合せにした場合と、膨大な摩擦係数のデータを集めて整理したことがありました。かなりの量のデータが溜まったんですが、同じ表面状態のものでも、一回目に測ったものと二回目に測ったものが、違うんです。三回目に測ってみると、その間の値になればまだ良いんですが、また違う。僅かな違いはあるにせよ、ほぼ同じ条件で測ってみてもデータが違うのはどういうことかと、そういう問題に直面したんです。結論として、いろいろな組合せでの μ （ミュー/摩擦係数）の平均値を出そうとしましたが、測る度に変わるので平均値なんかを出しても次に測ればまた違うんだから意味がない、ということになったんです。要は、摩擦係数がどのような因子の影響を受けるかが確定できないんです。同じボルトでも密封して保存されていたものと、例えば、生産ラインのすぐ近くで、油類の蒸気が立っているような場所で保管されていたものは摩擦係数が違って来る。作業者の手袋に油がほんの少しでも付着していれば、その手袋で触ったボルトの摩擦係数はまた違って来る。だから摩擦係数のバラつきという観点で行けば、手袋は1時間で取り換えるとか、そういうことまで話が及んで来るんですね。

宮下: ねじを製造する側の管理方法にも、摩擦係数がバラつく原因があるわけですか？

酒井: 例えば亜鉛メッキのボルトを例に取ると、環境規制の変更で六価クロムに替わって三価クロムのものが採用されるようになりましたね。その変更当時ボルトメーカーは各社、規制に抵触しない新たなクロメート処理液を使うようになったんですね。私が過去に勤めていたトヨタ自動車は複数のメーカーからボルトを調達していました。亜鉛メッキのボルトは大体このくらいの摩擦係数という想定値があったわけですが、三価クロムになるとA社・B社・C社・D社、それぞれで違ってました。摩擦係数の分布が変わって、設計が想定していた摩擦係数のバラつき幅を超えるようなボルトが出てくるとまずいわけです。そこですべてのメーカーに検査をしてもらい、各社のボルトの摩擦係数が想定値に収まるよう対策を取ってもらった。具体的にどういふ対策をされたのか、詳しくはわかりませんが、結果としてその範囲内に収めてもらうことはできた。メッキ液の違いなのか温度なのかかわからないので

すが、何かが影響するということですね。何をやったから摩擦係数が大きくなったのか、小さくなったのか。そういったことを蓄積して行けば、摩擦係数の値を調整するノウハウができてくるかも知れません。摩擦係数の小さな材料を混ぜてやれば摩擦係数の値も小さくなるだろうなということはそれとなくわかるんですが、そういう手法を業界横断的にまとめてガイドラインを作っていけば、業界全体がコストをかけずにノウハウを作っていけると思うんですけどね。

それともう一つ、摩擦係数の平均値 μ_m （ミュー・エム）がありますね。それとは別にバラつきの指標である標準偏差 σ_μ （シグマ・ミュー）というものがある。標準偏差 σ_μ の値が大きいからこれはダメ、と皆さん考えられるケースが多いんですが、摩擦係数の平均値が大きければ標準偏差も通常大きくなりますし、平均値が小さければ個々のデータ



ボルトタイト油圧テンション機の機構をご紹介中の1枚。複数の太径ボルトを均一の圧力で同時に締結できる。

が0.18くらいのもに油が付いて0.14くらいになっても大した差は出ないわけです。ですから、摩擦係数は絶対値を小さくしておいた方が、不純物の付着による軸力のバラつきという点に関しては有利、ということは、どうも言えそうだなと思っています。

宮下: リスクが少ないということですね。

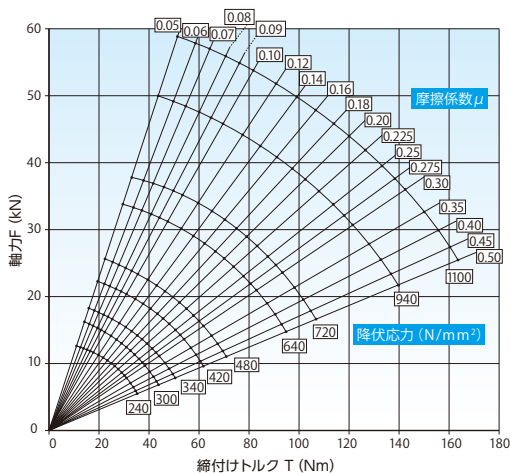
酒井: そうです。それともう一つ、摩擦係数が小さいと、締める時のトルクも小さくて済みますから、例えばM10で強度区分8.8、ピッチ1.5mmで降伏強さ640N/mmのボルトだと、グラフ（図1：酒井智次先生著「増補ねじ締結概論」P.207-付図3より）の $\sigma_y = 640\text{N/mm}^2$ の楕円形の線より上の軸力が出てしまうと降伏してしまうということですが、 μ が0.15だとすると、グラフで見れば0.14と0.16の間の部分になるわけで、トルクで言えばちょうど60Nm、軸力で言えば28kN迎りで降伏するということになりますね。これが摩擦係数が2倍の0.3になってしまうと、同じ降伏強さ640N/mm²で見て、降伏点のトルクは強くなって

が小さいのでその分標準偏差も小さくなるわけですね。しかし軸力に影響するのは何かと言うと、標準偏差の絶対値ではなくて、標準偏差 σ_μ を摩擦係数の平均値 μ_m で割った値、 σ_μ/μ_m が影響するんです。この σ_μ/μ_m を「変動係数」と言いますが、その変動係数が軸力に影響を及ぼすんです。摩擦係数の絶対値が大きいものは標準偏差が大きくて当たり前。絶対値が小さければ標準偏差が小さくて当たり前。変動係数が大きなものが、軸力のバラつきが大きなものなので、軸力のバラつきは変動係数の大小で判断しなさい、ということなんです。

これは経験則で、もちろん100%ではないと思いますが、摩擦係数が小さい方が変動係数は小さめになるかなという気がします。それと、不純物などが付着した場合、例えば亜鉛メッキは凝着しやすいものですが、 μ が0.3くらいだとしても、ちょっと油が付けば0.15くらいにはすぐなります。ところが、 μ

いて82-83Nm、軸力は小さくなっていて21-22kNで降伏する、ということになってしまうわけです。

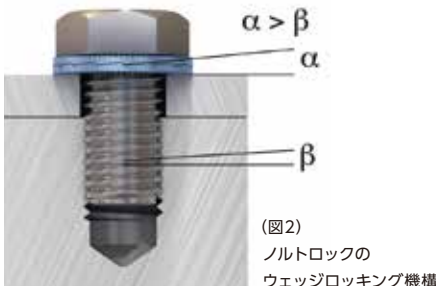
というわけで、大きな軸力を出したい場合は摩擦係数を小さくした方が、降伏する軸力というのは上がる。だから、ボルトの強度目一杯の軸力に近づけたい時には、摩擦係数をなるべく小さくして締めた方がよいということが必然的に言えるわけです。ですから、潤滑油等で摩擦係数のバラつきを少なくしようということであれば、摩擦係数は小さい方の値を狙った方がよい。ノルトロックワッシャーであれば、鉄製のものはデルタプロテクトという表面処理をされていますね。デルタプロテクトでは μ が0.13とか小さな値で想定されている。（編集部注：ノルトロックワッシャー製品カタログ「トルクガイドライン」参照/潤滑油使用時の例）あれは小さな摩擦係数を狙っているという点で、まさに我々の考えていることと同じことをされていて、非常に良いと思います。



(図1) 六角座面・並目ねじのT-F- μ - σ_y 線図(3)
(M10, P=1.5, s=16, $d_o=-$, $dh=11$)

→宮下: 摩擦係数はかなり厄介な問題で、なかなか一括りにして語れるほど単純なものではないですね。我々のノルトロックワッシャーが持つウェッジロッキング機構(図2)は、油に影響されない緩み止め機構という点もあり、摩擦係数のバラつきを抑える目的で潤滑油の使用を推奨しています。ねじ締結において、潤滑油の使用はやはりメリットということになりますか?

酒井: そうです。よく質問されるのですが、「摩擦係数が小さいと緩みやすいんじゃないですか?」ということです。そりゃそうです。ねじは斜面の原理と同じですから、摩擦係数が小さければ滑り落ちやすい。つまり緩みやすいわけですね。しかし大前提として、緩みというものは被締結体同士がある大きさ以上の滑りを繰り返した場合には「緩む環境」にあるから、摩擦係数が小さければ緩みやすいし、摩擦係数が大きければ緩みにくい。それは言える。じゃあ、摩擦係数が小さいとすべて緩むのかと言われると、被締結体同士が滑っていない場合は「緩む環境」にないですから、この場合は摩擦係数がいくら小さくても緩みやすいということはありません。ですから、摩擦係数を小さくするということは、被締結体同士が滑りを起こさないという前提の下で、あらゆる面において良いというわけです。必ず、「被締結体が滑らないという前提を付けてください」と私はいつも言っています。



(図2)
ノルトロックの
ウェッジロッキング機構

2枚組ワッシャーの内側にねじ山の角度(β)より大きな角度のカム(α)を設けて緩み止めを行う機構。ノルトロック社が1982年に世界で初めて開発、販売を開始した

その点ノルトロックワッシャーは、被締結体が滑って回転緩みを起こすという点に対して効果があるわけですね。でも被締結体が滑らなければ、ノルトロックワッシャーを付けなくても、緩むことはないわけですね。

宮下: 仰る通りです。

酒井: ですが、多少の緩み環境になっても、油が付いて摩擦係数が小さくても、ノルトロックワッシャーを付けておけば、それは効果があるということですね(笑)。

(一同笑)

宮下: 宣伝文句まで付けていただいてありがとうございます(笑)。緩みという点について、被締結体同士が滑りを起こさなければ緩むことはないというお話が出ましたが、滑りの原因となる外力について、せん断方向、軸方向、そしてねじれという3つの種類があると思いますが、その辺りのお考えはいかがでしょうか。

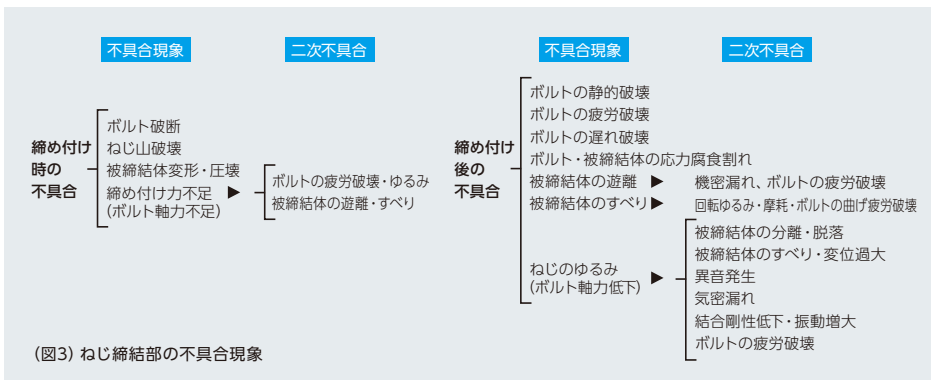
酒井: はい。外力がせん断方向であれば滑り、外力が軸方向であれば被締結材が離れてしまう遊離という現象が起こってしまいますね。そういう状況では摩擦係数が小さいほど、明らかに緩みやすい。ねじれの場合は、座面の摩擦係数がこの範囲に入った時に緩んでしまうというのがあるんですが、これは複雑な相関関係がありますので摩擦係数の大小だけで一概には言えません。しかしせん断方向と軸方向に関しては摩擦係数が小さい方が緩みやすいということは言えますね。ですから、ねじ部品の摩擦係数というのは、締める時はもちろん、緩み(緩み方向に回転して起こる回転緩みの場合のみ)に対しても大きな影響があるんですね。摩擦係数がバラつくと軸力もバラつくということは、摩擦係数の大きな負の側面です。滑ったり遊離したりしていないのであれば摩擦係数が小さくても関係ないと言い切れますが、滑ったり遊離したりする場合はやはり μ が小さいとダメですね。

その滑りに関して、私の「ねじ締結概論」には古い考え方で書かれています。私の本では「マイクロ滑り」という座面のところで被締結体が滑ることを言っています。被締結体がこれだけ滑ると、座面にも滑りが出してしまうという被締結体の座面に滑りを許さない限界滑り量という考え方なんです。これは目視で明らかに確認できる滑りです。0.1mmあれば目で見てわかりますから。ところが1988年くらいから限界滑り量に達していなくても、目に見えないような小さな滑りが実はじわじわと出ていて、緩み方向に回ったかどうか目視できない程度の微小な回転を起こして、軸力が徐々に小さくなるというのがわかって来た。その現象は「マイクロスリップ」ないしは「微小滑り」と呼ばれています。微小滑りからの緩み、その発端になったのが1988年くらいに精密工学会誌に載った論文でした。そして2006年だったと思いますが、東大の泉先生という方が書かれた論文にあるんですが、有限要素法というものがあります。有限要素



手工具のみでM30以上の太径ボルトを締結できるスーパーボルトの締結方法を実演中。写真はM56の締結。

素法というのは見えないところの圧力もすべり量も全て計算できる。例えば、被締結体が接触しているとします。その接合面のこの地点でどれだけ滑りが起こっているか、また別の地点でどれだけ滑りが起こっているか、従来の実験では不可能ですが、これが全部計算できるんです。その有限要素法が2000年くらいから、ねじの分野にも適用されるようになって、それをういた論文もたくさん出て来ました。今やねじの研究は殆ど有限要素法です。で、その2006年に泉先生が書かれた論文を見ると、マクロスリップ(目視できる明白な滑り)ではなく、マイクロスリップ(目に見えない微小滑り)が起こっていても、少しずつ緩み回転を始めていると、そういう結果が出てるんですね。私も初めてそれを読んだ時は非常にショックでした。その泉先生の論文を見ると、マイクロスリップと言われる微小滑りでも、繰り返されると微小な緩み回転、例えば1000回で1度、1回あたり1/1000度ですが、そういう微小な緩み回転が起こっていると、1/1000度なんて肉眼ではとても観測できません。しかし有限要素法であれば、完璧に出るんですね。有限要素法で見ると、実は微小滑りでも緩み回転は起こっているという論文が出て来た。こりゃ参ったな!と思いましたよ(笑)。そういう研究結果が出ているので、限界滑り量という考え方はみるみる揺らいでしまった。ノルトロック社でもやっておられるユンカー振動試験のように目視で確認できるような滑りは、私の本にも書いてある古い考え方で説明できます。私たちが昔やったユンカー試験は、全部3000回で打ち切っていたんです。先がとがったけがき針でけがき線を保ルト頭部側面に入れて、座金にもキュッとけがき線を入れて、両者の相対的なずれ量から回ったかどうか見てた。それを3000回やってみて「あ、これ回ってない」なんて言ってね、それがまさか回るとは思っていなかったんです。あれをもっと精密に測定していればちょっとは回ってたのが観測できたかも知れんと、今となってはそういうことですが、有限要素法はそれができものが強みですね。



(図3) ねじ締結部の不具合現象

→ で、その論文を見るとそういった微小な滑りが徐々に徐々に起こって、あるところで軸力がストンと落ちる。試験の横軸対数が1回、10回、100回、1000回、10000回と10倍ごとにあるんですね。軸力低下が横軸対数で概ね直線を描いて下がっていくんです。私がやってた試験はだいたい3000回で打ち切っていた。3000回くらいまではほぼ直線です。だから私は30年前の当時、それは非回転緩みだと思っていたんです。ところが数年前にこの論文を読んで、実は微小な回転緩みだったと。そう考えなければいけないようですね。

宮下: 実は我々も微小滑り自体には馴染みがあったんですが、緩みの原因にもなるんですね。非常に驚きました。当社のスーパーボルトという製品にエクспанションボルトというのがあります。フランジのカップリング締結等にリーマボルトから置き換えていただくようなもので、ボルトにテーパが付いており、内側から拡張してフランジ穴に隙間を作らないという製品なんです。フランジ穴の内側から傷が付くというお客様からのご相談にお応えしてヨーロッパの方でFEM(有限要素法)解析をやったことがあります。シミュレーションから負荷を解析し、その製品を採用いただいたという事例なんです。その際にもキーになっていたのは微小滑りでした。その時は応力集中が課題になっていたのですが、それが緩みにもつながるんですね。

酒井: 私は微小滑りがフレッシング摩耗にはつながると勿論思ってたんですが、まさか回転緩みの原因になるとは、当時の実験では検証のしようがなかったのが結果として見逃していました。新しい有限要素法という、目に見えないものまでミクロン単位で計算できるものが開発されて、目からウロコと言いますか、驚きましたね。有限要素法はシミュレーションなので実証するのは大変ですが、こここのところは私も最近考え方をええなきゃいかんなんて思っているところですね。

宮下: ありがとうございます。緩みに関してのお話でしたが、ボルトの緩みが原因でその設備自体が摩耗してしまったり不具合を起こしてしまったというご経験はありますか？

酒井: それはいくらかでもあります。ボルトの疲労破壊のお話で行くと、設計者はみんなボルトの疲労強度計算をやるんです。けどもその本当

の原因は、ボルトが緩んで被締結体が滑ったり遊離して起こることも多いですね。私の「ねじ締結概論」の第2章、3ページの下に図2.1という不具合現象を一覧にしたもの(図3)がありますが、設計者が意図した「これだけ軸力がなきゃいかん」という軸力を割ってしまったら、それは締めずに製品を出荷するのと同じことなんです。締めずに出荷してしまうと何が起こるか？あらゆる不具合が起こります。図中の「二次不具合」にある被締結体の分離・脱落であったり、被締結体のすべり・変位過大、あるいは異音発生、気密漏れ、結合剛性が低下して振動が増えて、その周りの機械が壊れる。これらはザラに起こるんですね。図にして書いちゃうと図に挙げたことしか起こらないように思われますが、とにかく、締めずに出荷したらどういうことが起こるか、皆さん想像してくださいということなんです。

宮下: いいお話をありがとうございます。最後にボルトの緩みについての質問なのですが、締め付ける時は摩擦係数を極力小さくした方が良いというお話がありました。一方で、摩擦係数が小さいと緩みやすいというジレンマもあります。理想のボルト締結という点で、この相反する点はどう考えるのが良いでしょうか。

酒井: 長年講演をやってきましたが、その質問はたった2回ほどしか受けたことがありません。それくらい、みんな一方を考えている時は他方が見えてないということかも知れませんね(笑)。はっきり言っておかねばならんことは、「滑りも遊離も発生しないような設計が成されていれば、摩擦係数の大小は何ら問題にならん」ということです。ボルトの強度が目一杯活用できるという点でも摩擦係数は小さい方が良い。それが、より望ましい設計であると言えます。でもやはり、もう一言付けておかないと、皆さん困ってしまうかも知れませんね。ボルトを降伏強さギリギリまで使おうと思ったら摩擦係数を小さくした方が良い。けれども一方で摩擦係数が小さいと緩みやすい。そのジレンマに対しては、緩みには被締結体の滑りが必要になって来るから、そこを押さええるということと、引っ張り型の場合は遊離が起こらないようにする。その2つをきっちりと押さえた上で、摩擦係数は小さければ小さい方が良いと、この前提条件を先に言うべきでしょうね。■

※本記事内の(図1)、(図3)は、酒井先生著「ねじ締結概論(養賢堂発行)」より権利者の許可を得て引用させていただいております。

記事全文はWebにて
ご覧いただけます！



誌面の都合上ご紹介できなかった、酒井先生の超音波軸力測定機
開発秘話を含む全文は、こちらからご覧いただけます！



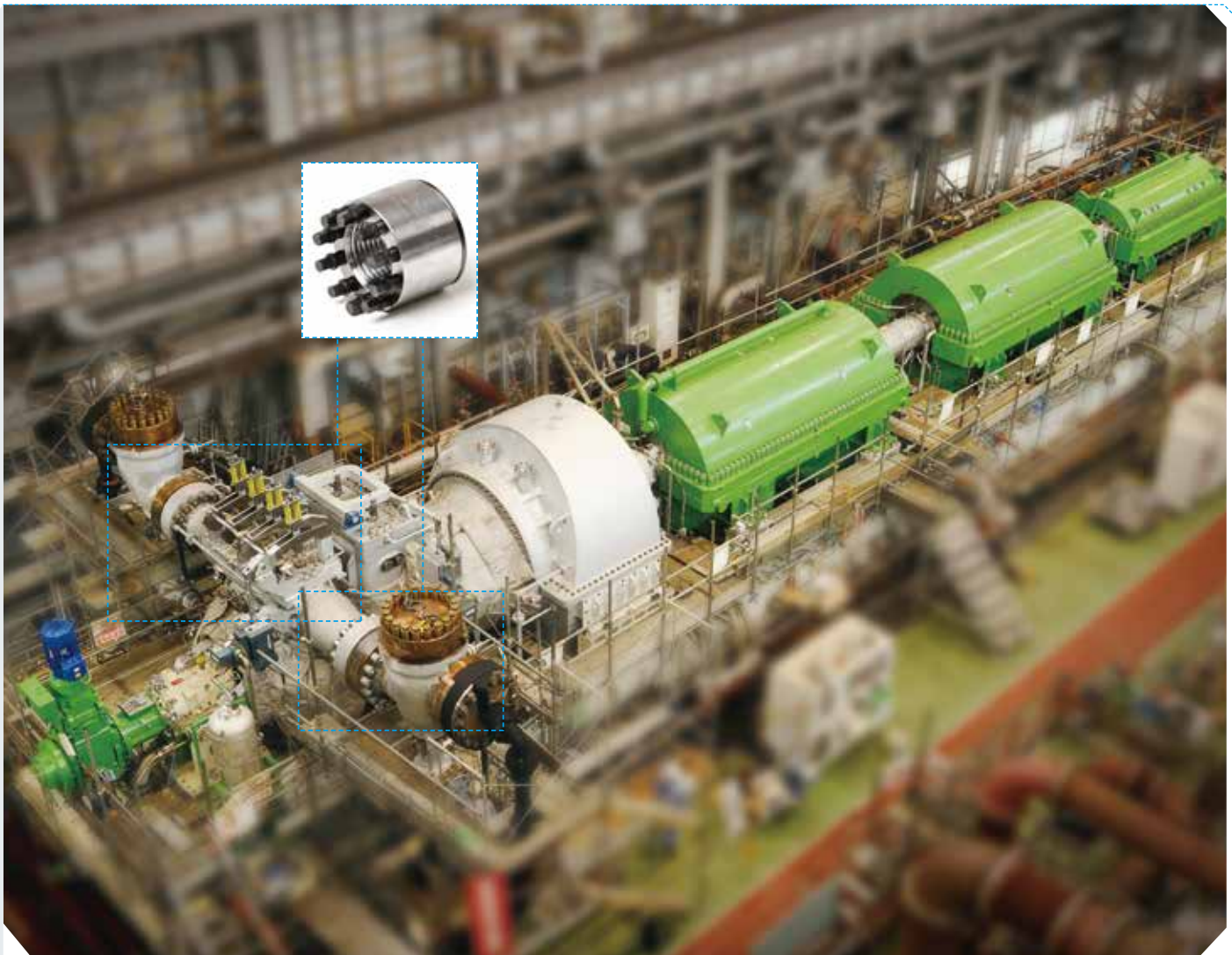
ゲスト：
酒井 智次(さかい ともつぐ) 先生

略歴: 1941年愛知県岡崎市生まれ。名古屋大学大学院工学研究科 機械工学専攻修士課程修了後、1966年トヨタ自動車工業(現・トヨタ自動車)へ入社し、1979年には名古屋大学より工学博士の学位を授与され、主として各種自動車部品の強度・信頼性の試験・研究・開発に従事。2001年にトヨタテクノサービスへ移籍。ねじに関する教育と技術相談に従事。2007年に同社を定年退職し、酒井ねじ締結相談室を開設。現在もねじ締結に関する教育と技術相談を続ける。著書「ねじ締結概論(養賢堂)」は、ねじ締結の入門書・バイブルとして絶大な支持を受ける。

特集

太径ボルト締結 の革命

人間の力では締め込むことができない巨大なトルクが求められるが故に、
危険で、長い準備時間や待機時間を強いられ、
重く特殊な工具の使用を迫られる太径ボルト・ナットの締結。
しかし今現場では、多くの苦難を伴うこの作業に、確かな変化が訪れている。



温故知新

文章: 岡田 圭佑
写真: 株式会社荏原エリオット

株式会社荏原エリオットが属するエリオットグループは、株式会社荏原製作所を親会社とするターボ機械メーカーで、世界中の企業から設計・製造・サービスのパートナーとして選ばれています。エリオットグループのターボ機械は、オイル&ガス、石油精製、石油化学、製鉄所、発電所等、回転機械を必要とするありとあらゆる分野で使用されており、エリオットグループが1世紀以上もの蓄積したノウハウに加え、クラウド上に3Dモデルを作成し設計作業を分担できるPLM等の最新技術の導入により、精緻で迅速な設計・製造対応を行っていることでも注目を集めています。そしてスーパーボルトのマルチジャックボルトテンショニング技術も、同社が既に採用している先端技術の1つであり、コンプレッサや蒸気タービンのケーシングの締結に使用されています。

コンプレッサや蒸気タービンを外界と隔てるケーシングは、何本もの大径ボルトで大きな軸力を発生させ、確実な締結を行う必要があります。同社の蒸気タービンでは従来、ボルトを加熱して膨張させた後に締め付けを行い、冷却して収縮させる

ことで軸力を得るヒーティングを採用しています。対してスーパーボルトには、人間の力では締め付けられない大径ボルトでも、トルクレンチ1本で締結できるという大きなメリットがあります。作業に危険がなく準備も不要で、狭いスペースや高所でも1人で難なく締結できます。

実際にスーパーボルトを使用してどのような感触が得られているか、同社エンジニアリング統括タービン設計部主任である眞鍋雅英氏と、コンプレッサ設計部主任である高野克之氏にお話を伺うことができました。「ケーシングの締結では油圧工具が入らないような狭いスペースがあります。スーパーボルトであれば、狭いスペースでも問題なく作業でき、軸力管理も簡単に行える点に大きなメリットを感じています。昔は締め付け作業のスペースを確保するため、設計自体の変更を迫られることもありましたが、スーパーボルトであれば、そんな必要はありません。」

また、同社は製品納入後のアフターサポートにも力を入れており、エリオットグループの製品を採用することは、製品の品質だけでなく、運転開始

後の品質維持・管理までの手厚いサポートを得ることを意味します。スーパーボルトは誰が作業を行っても同じ締結軸力が得られるため、納入後のメンテナンスにも懸念はありません。お客様に継続的なサポートを提供し、パートナーであり続けるという意味で、同社の理念はノルトロックのビジョンとも一致し、私たちは深い共感を覚えています。

長い歴史と伝統を持ちながらも古い考え方に囚われないエリオットグループでは、これまで業界で当たり前だった分業制にも一石を投じています。従来はプラント自体の設計と機械設計を、エンジニアリング会社と機械メーカーが個別に行っていたため、機械の据え付け方法を検討する段階で初めて両社が把握できる事項が多くあり、両社の設計調整に多大な時間と労力を要していました。現在、エンジニアリング会社と提携し、配管の取り合い等の詳細に至るまでを連携しながら業務を進行するスキームを確立できるよう、エンジニアリング会社と共同で取り組んでいます。■



スーパーボルトへの切り替えによって、株式会社ソディックは最適なボルト締結を実現した。

スーパーボルトで射出成形機の問題を解決

文章:
キャロル・アキヤマ

写真:
株式会社ソディック

課題 株式会社ソディックは、産業機械や工作機械、自社製品の消耗品などの製品を製造する、日本を代表するメーカーです。同社は、独自の研究開発を大切に高品質な製品を提供することで、顧客のものづくりを支えることに尽力しています。あらゆる設備機器にとってボルト締結は重要な要素であり、ソディックのアプリケーションの多くにとっても不可欠なものです。ソディックのエンジニアは近年の展示会で、ノルトロックジャパンの販売代理店である池田金属工業株式会社、砂邊康之氏のボルト緩みへのソリューションをテーマとしたセミナーに参加しました。それはまさにソディックの射出成形機のエンジニアが悩まされていた問題に関係するものでした。池田金属工業と共に、ノルトロックジャパンのエンジニアたちは、ソディックのボルト締結部の設計に関して改善でき得る箇所を精査し、同社の射出成形機のタイロッドボルトが、旧来の方法で締結されている点に気が付きました。タイロッドの締結距離は非常に長いため、ねじれストレスを抱えたまま長期に渡って機器を稼働し続けた場合、パフォーマンスが低下してしまうリスクを

孕んでいました。また、お客様視点から考えても、製品が機会損失を生むようなダウンタイムを発生させることなく安全に稼働させるため、ボルト締結部にかかる軸力を正確にコントロールする必要があると考えました。

ソリューション 純粋なテンション（軸力）だけをもたらすノルトロックのスーパーボルトは、完璧なソ

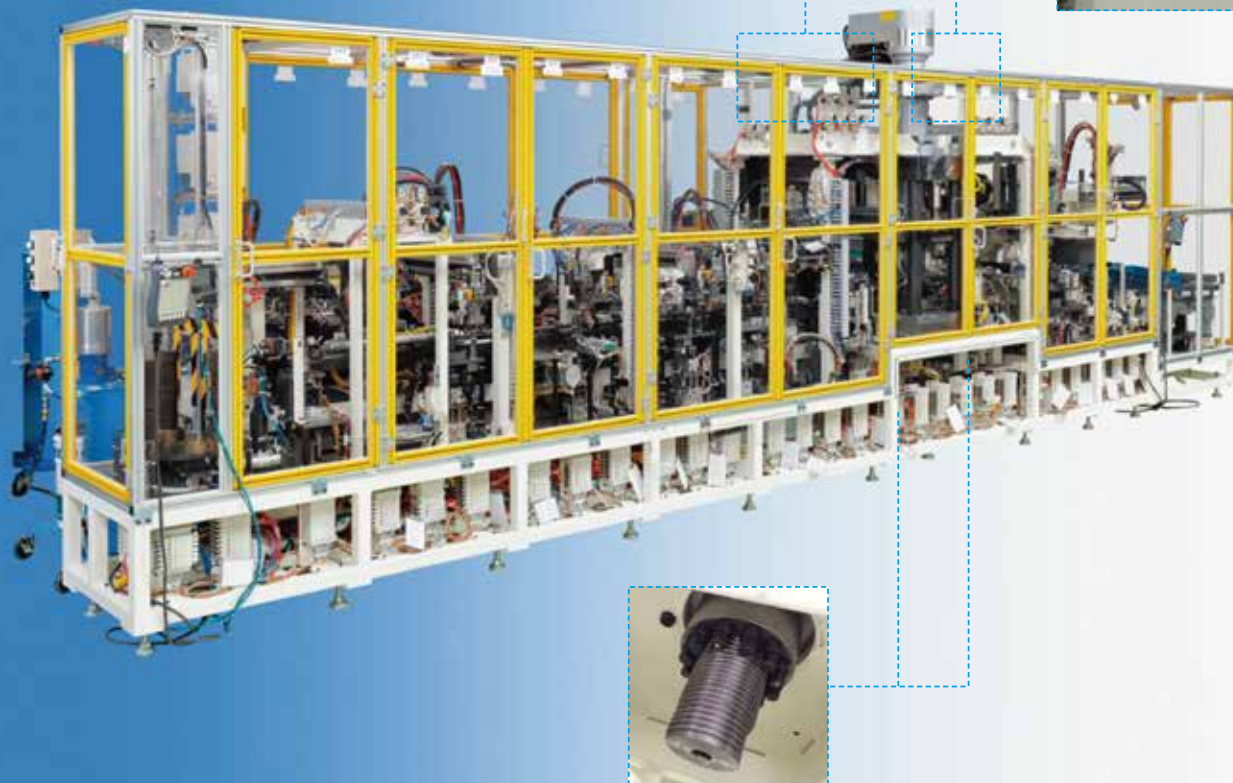
リューションでした。スーパーボルトは摩擦を発生させることが全くないため、ねじれストレスを生むことなく軸力を管理することができます。ソディックは、アプリケーションのニーズに特化したソリューションを見つけ出すノルトロックジャパンのエンジニア達に感銘を受けました。

結果 スーパーボルトのテンショナーは高い品質を誇る製品です。市場には安価な代替品もありますが、総合的なコストパフォーマンスから、ソディックは最も魅力的なのはスーパーボルトだと確信しています。ソディック製品のおよそ半分は海外で販売されており、大型の機械は組み立て前の状態でしか出荷できません。エンドユーザーの作業現場で迅速で、安全に、かつ簡単に射出成形機の組み立てや部品交換が出来るというのは必須条件です。同社は、顧客の現場がスピーディでスムーズに稼働し満足しているという報告を受け、満足しています。■



成形機は自動車や携帯電話等の製品や、日用品のパーツを製造するために用いられている。

スーパーボルトの採用によって
コアテックは製品納入後のメンテナンスにも
懸念がなくなり、心理的にも大きな
安心を得ることができた



顧客の想いに応えるために。

文章:
岡田 圭佑

写真:
コアテック株式会社

課題 コアテック株式会社は、省力化機械・設備メーカーとして顧客ニーズに沿った自動化機器を設計・開発し自社で一貫生産する企業です。様々な工程の自動化を実現する同社製品ですが、プレス機等の荷重を支える部分には一つの課題がありました。タイロッドの締結です。従来は、プレス機の衝撃と荷重に絶え間なく晒されるタイロッドの締結にダブルナットで対応していましたが、ダブルナットでは作業によって効果にバラつきが生じます。ましてプレス機のタイロッドのような大きなサイズになると、ナットを締め込むこと自体が大変な作業で、時間を費やしていました。納入後の品質保証・メンテナンスを考慮すると、これは解決すべき問題でした。

ソリューション コアテック株式会社は、ノルトロックワッシャを期にスーパーボルトに辿り着きました。そのマルチジャックボルトテンションング技術自体とタイロッド締結の国内外豊富な実績に、十分な性能をもつことを確認しスーパーボルトの採用に踏み切りました。その背景には、ノルト

ロック営業技術員の丁寧なサポートがありました。顧客製品の品質を向上させたいという熱意に、同じ想いをもつコアテック株式会社が共鳴したのです。

結果 果たしてスーパーボルトの導入は、成功しました。トルクレンチ1本で太径の締結ができるスーパーボルトは、プレス機下部裏側の非常に狭いスペースでも、タイロッド上部のような高所でも、楽に作業が行えます。「スーパーボルト最大のメリットは、誰が作業しても同じ締結精度が簡単に発揮できる点です。これは心理的にも非常に大きな安心感があります。当社はお客様固有の事情に合わせた設備を納めていますので、作業性やコスト、そしてその事業に懸けるお客様の“想い”に応える必要がありますが、スーパーボルトはその課題を一気に解決してくれました。」■

スーパーボルトの締め付け

人間の力では締め付けられない大きなボルト/ナットに必要な締め付けトルクを、小さなジャックボルト1本1本に分散させるというアイデアから生まれたスーパーボルト。油圧工具のように準備やスペースを要することなく、高所や狭いスペースでも難なく作業でき、ヒーティングのような長い待機時間も必要なく、ハンマリングのような危険が全くなく、誰でも簡単に、トルクレンチ1本だけで、極めて正確な軸力で締結できます。また、圧が一方に偏らないようジャックボルトの締め方を規定通りに行えば、数分で締結が完了します。誰が作業を行っても簡単に正確。これは、お客様の製品がエンドユーザー様の下へ納入された後も、安全・確実にお客様の製品がメンテナンスされることを意味しており、大きな安心へと繋がるはずです。



超高層での安全性

文章:
デイヴィッド・ワイルズ

写真:
東京スカイツリー

課題 世界一の高さの自立式電波塔を地震大国である日本の東京に建造する際に、安全性に確信を持たない、低品質の製品を使う事など、誰も許さないでしょう。

高さ634mを誇る東京スカイツリー®は現代的なデザインで世界最高水準の技術で建造され、2011年には、ギネスワールドレコード社より世界一高いタワーとして認定され、また世界で2番目に高い建築物となりました。

しかし、これだけ高いタワーを建てる際に、大きな風の影響や地震対策を始め、湿度の高い上空の雲に近いため、錆への対策も十分にとる必要があります。

当然、ボルトの締結に関しても同様に、高い性能を求められます。小スペースでの作業箇所もあり、各作業員の作業スキルのバラつきなども考慮する必要もあり、東京スカイツリーのボルト締結には、厳しい要求が求められました。

ソリューション 東京スカイツリーの高い要求に応える事ができたのが、ノルトロックワッシャーの安全な締結ソリューションでした。様々なサイズで数万個タワーに装着されています。航空機などの空を飛ぶもの以外で、地上にあるアプリケーションでは、世界一高い場所で使用されています。使用箇所も重要な機器やそのケーブルの固定などで使用されています。

この度、お客様の厳しい条件に応える為、海水などの悪環境でも耐えられる、ノルトロック254SMO®ワッシャーを供給させて頂きました。

結果 東京スカイツリーは、2011年3月11日 東北でおきたマグニチュード9.03の恐ろしい大震災を受けた後も、ノルトロックで固定されている機器を安全に固定維持した事が確認できました。津波による影響の後、日本国中が復興に向う中、東京スカイツリーは着々と完成に近づき、2012年5月に日本の新たな観光スポットとしてオープンしました。皆様が350mと450mの展望台に訪れた際、作業員がノルトロックで締結されたボルトの増し締め作業を目にする事はないでしょう。これは、安全を維持していると言う裏返しです。■

東京スカイツリーは、東武電鉄(株)と東武タワースカイツリー(株)の登録商標です。



高さ、腐食リスク、絶え間ない地震の恐れという、いくつもの不安材料を抱える東京スカイツリーにとって、ノルトロックワッシャーはごく当然の選択でした。



建築業界に特化したノルトロックワッシャー

欧州規格: EN14399-4/EN14399-3 準拠品



「ノルトロックSCワッシャー」

HV/HRボルトのセットは鉄鋼建築用途で幅広く使用されているボルトの種類であり、ボルトヘッド下部のアールがその特徴です。ノルトロックSCワッシャーはした建設業界に特化した新製品で、独自のアール形状を持つHV/HRボルトとワッシャー間の接触面を最適化するため、1つ1つの内径を面取りしています。もちろん通常品のノルトロックワッシャーが持つウェッジロッキング機構をそのまま活かしているため、摩擦に依存することなく軸力そのもので確実に緩みを防止します。

●お問合せ: 株式会社ノルトロックジャパン ☎072-727-1069



NORD-LOCK GROUP

NORD-LOCK **SUPERBOLT**™ **BOLTIGHT**™ **Expander**™

ノルトロックグループがロゴのリニューアルを発表

ノルトロックグループは、事業の拡大に伴い従来ノルトロックワッシャーのブランドロゴと共通で用いて来たノルトロックグループのロゴを一新し、ノルトロック・スーパーボルト・ボルトタイト・エクスペンダーの4ブランドを統括する「ノルトロックグループ」の新ロゴを発表しました。同時にスーパーボルトのブランドロゴもモダンなデザインへとリニューアルを行っています。今後は順次、新たなロゴで業務を執り行って参ります。これからも、お客様の信頼に足る「あらゆるボルト締結の課題に共に向き合うパートナー」を目指し、より一層尽力して参りますので、何卒よろしくお願い申し上げます。

株式会社ノルトロックジャパンが優良申告法人に

ノルトロックグループの日本法人である株式会社ノルトロックジャパン（代表取締役社長 宮下進次、本社：大阪府箕面市）は、2016年11月7日に大阪西税務署より優良申告法人として表敬状を授与されました。優良申告法人とは、税務調査により経営状態が優良であり、尚且つ適正な納税と税務処理がなされていると認定された企業を表敬する制度で、国内全法人のうち1%程度の企業のみが認定されていると言われています。

代表取締役社長 宮下進次は、「この度の表敬状授与により、当社の経営面でもお客様にご安心いただき、より一層のサービスをもって更なる信頼を得られるよう、今後も全社を挙げて業務に邁進して参ります」とのコメントを発表しています。



軸力はもう「見えない力」ではありません

ノルトロックジャパンでは、超音波でボルトの伸びから軸力を測定する測定機「エコマーター」を活用したテクニカルサービスを開始しました。締結時にどれだけの締結力が発揮されているか、メンテナンス時にどれだけ軸力が残存しているかを測定することができます。お問合せは株式会社ノルトロックジャパンまで。 ☎072-727-1069（大阪本社）

facebookとメールマガジン



**BOLTED
JOURNAL**

ノルトロックジャパンがお届けする実践的メールメディア
「BOLTEDジャーナル」

ノルトロックジャパンでは、製品だけでなくボルト締結自体の知識をより多くの方にお届けするため、facebookページとメールマガジンの配信を開始しました！ facebookは「ノルトロック」で検索、メールマガジンは右のQRコードからお申込みいただけます！



地に足のついた、
テクニカルサポート。

Secure and innovative bolting solutions



あらゆるボルト締結の課題に向き合うパートナーとして

私たちノルトロックジャパンは、使用環境・材質・サイズに関わらず、ボルト締結のエキスパートとして、お客様と共にあらゆる課題に立ち向かいます。設計段階での検証・試験・設計サポートから、現場作業者様や新入社員様へのボルト締結全体の無償セミナー、弊社製品取り付け時の現場作業のサポート、使用開始後の誤用防止のサポートまで、使用開始前・初回使用时・使用開始後のすべてのステップにおいてお客様と共に歩みます。お客様と共に汗を流し、私たちの知見をお伝えする。地に足のついたサポートがあつてこそ、お客様の信頼に足るパートナーになれる。私たちは、そう考えます。

NORD-LOCK
GROUP
株式会社ノルトロックジャパン

大阪オフィス | 〒562-0028 大阪府箕面市彩都粟生南1丁目18番35号
TEL: 072-727-1069 FAX: 072-727-1072
東京オフィス | 〒140-0013 東京都品川区南大井3丁目22番7号-2F
TEL: 03-6423-1069 FAX: 03-6423-1072

Visit!
www.nord-lock.com

ノルトロック