

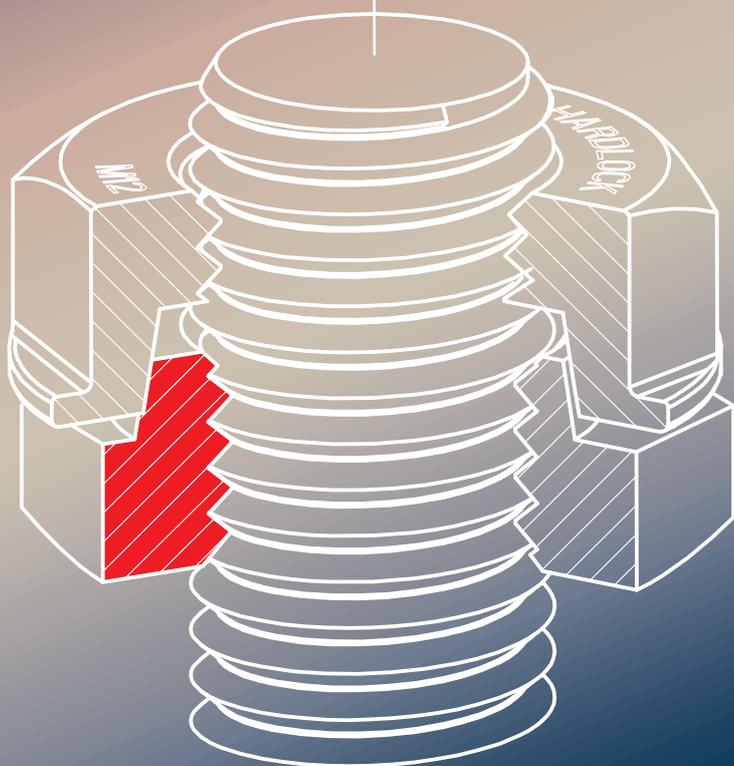
SAFETY IS POWER

 **HARD LOCK**®

Register of International Marks

ゆるみ止めナット

ハードロックナット技術資料



ハードロック工業株式会社

- 安全は威力!ゆるみ止めナットの決定版!
- 産業機械から橋梁、鉄道まであらゆる分野のニーズに100%対応!

世界が認めたハードロックナット

ハードロックナットとは日本古来の優れた建築技術であるクサビの原理をナットに導入、完全なるボルト・ナットの一体化に成功した究極のゆるみ止めナットです。



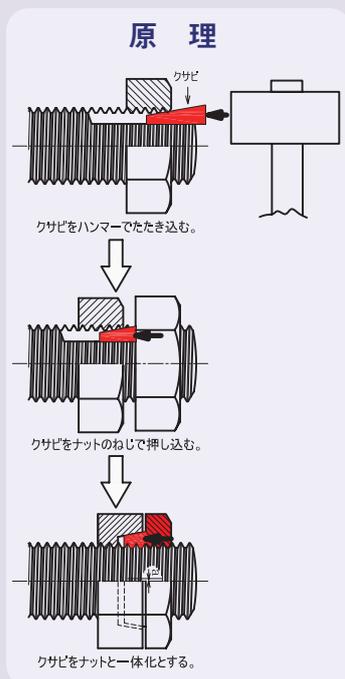
【主な特長】技術資料P98参照

- 世界が認めたゆるみ止め効果
米国NAS (National Aerospace Standard)航空規格にも余裕をもってクリア。
- トルク・軸力管理が可能
使用箇所にあった適正トルクでの軸力管理を実現。
- 繰返し使用が可能
オールメタル製で摩耗箇所が少なく高いゆるみ止め効果を持続。
- 作業性は簡単良好
市販の工具一丁で簡単に締結完了。
- 大幅なコスト削減に貢献
保守点検費用等トータルコストの大幅削減が可能。

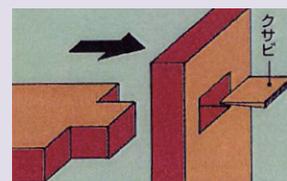


ゆるみ止め構造

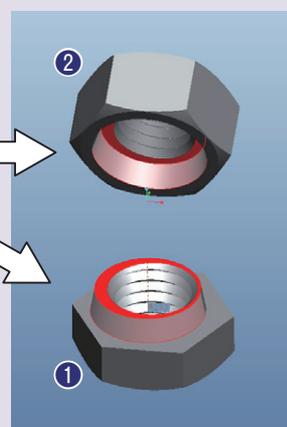
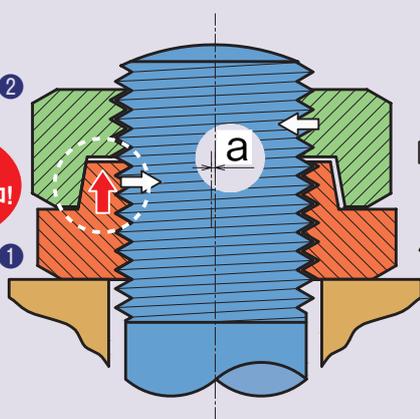
日本古来の「クサビ」の原理を用いたゆるみ止め構造とは!



- 1 ボス部を偏芯加工した凸ナット①と真円加工を施した凹ナット②を組み合わせることでボルト軸直角方向にクサビの原理による強力なロック効果を力学的に発生させます。



作用効果の
ポイントはココ!



- 2 HLN のクサビによる強力なゆるみ止め効果はボルトとナットを完全に一体化させ、如何なる振動、衝撃も寄せつけません。

技術資料

第1章 ハードロックナットの特徴

- 1.1 世界が認めたゆるみ止め効果
 - 1.1.1 ユンカー式ねじゆるみ試験
(軸直角方向繰返し荷重によるゆるみ試験)
 - 1.1.2 ゆるみの原理とハードロックナットのゆるみ止め機能
 - 1.1.3 その他の試験条件での軸直角方向繰返し荷重によるゆるみ試験
- 1.2 NAS試験
 - 1.2.1 試験方法
 - 1.2.2 試験結果
- 1.3 軸方向繰返し荷重によるゆるみ試験
 - 1.3.1 軸方向繰返し荷重によるゆるみ試験の概要
 - 1.3.2 試験結果
- 2 トルク・軸力管理が可能 ー 締付け試験結果
- 3 繰返し使用が可能



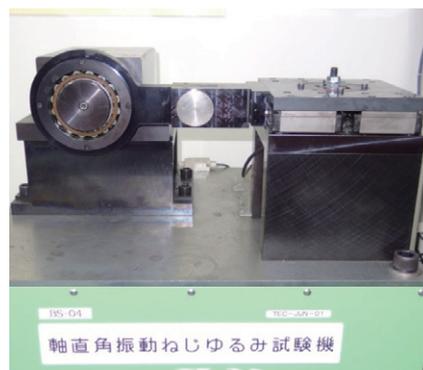
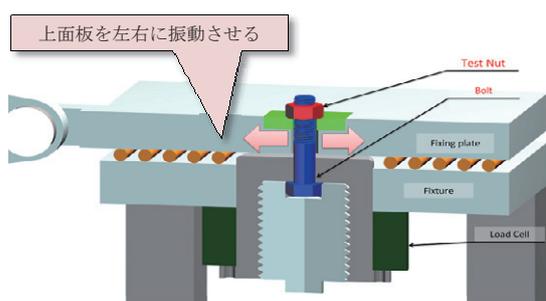
第1章 ハードロックナットの特徴

1.1 世界が認めたゆるみ止め効果

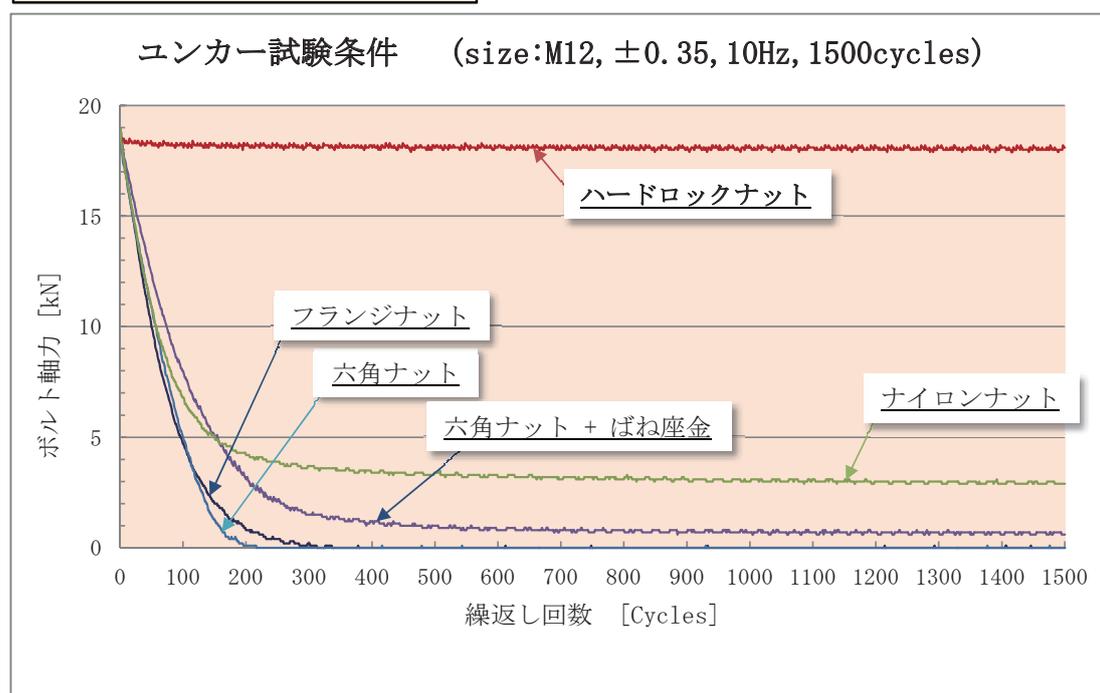
1.1.1 ユンカー式ねじゆるみ試験(軸直角方向繰返し荷重によるゆるみ試験)

ボルト軸直角方向に荷重を負荷することでねじをゆるませる試験の代表的なものに、ドイツ工業規格:DIN65151に準じたユンカー式ねじゆるみ試験(以下、ユンカー式試験という)と、米国航空宇宙規格:NAS3350/3354に準じる軸直角衝撃試験いわゆるNAS試験があります。

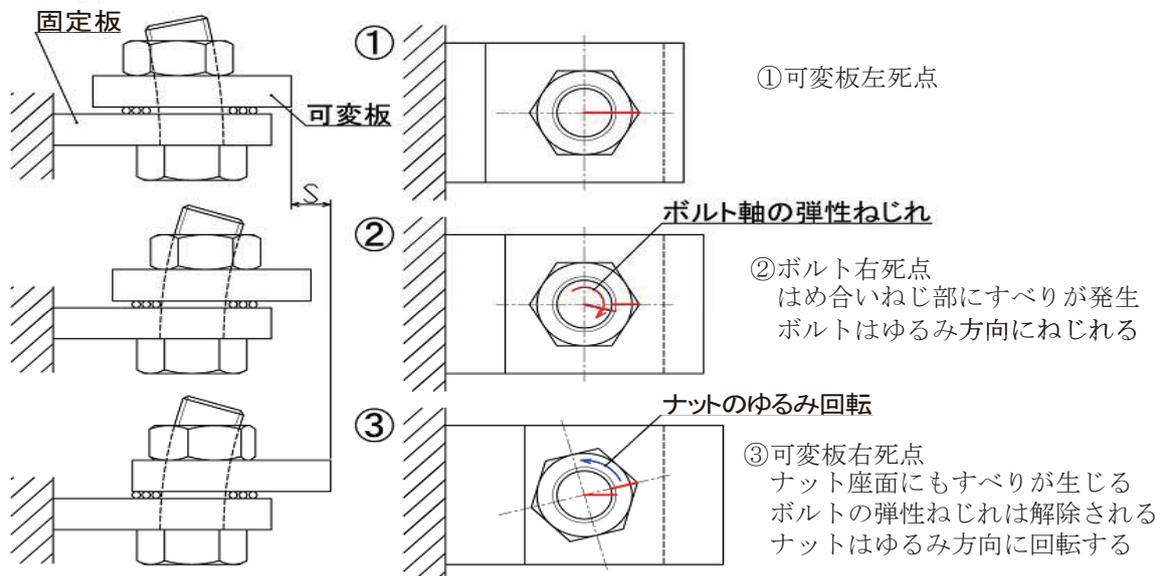
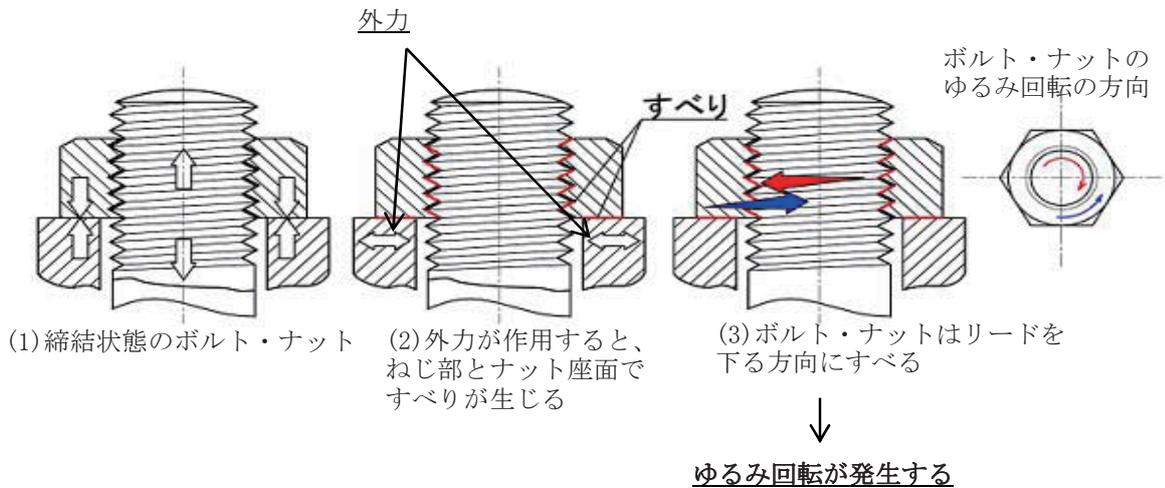
実際の使用現場においてねじ締結体のゆるみは古くから問題となっていました。実験において初めてボルト軸力を完全に0にすることができたのが、このユンカー博士が開発したユンカー式試験機です。



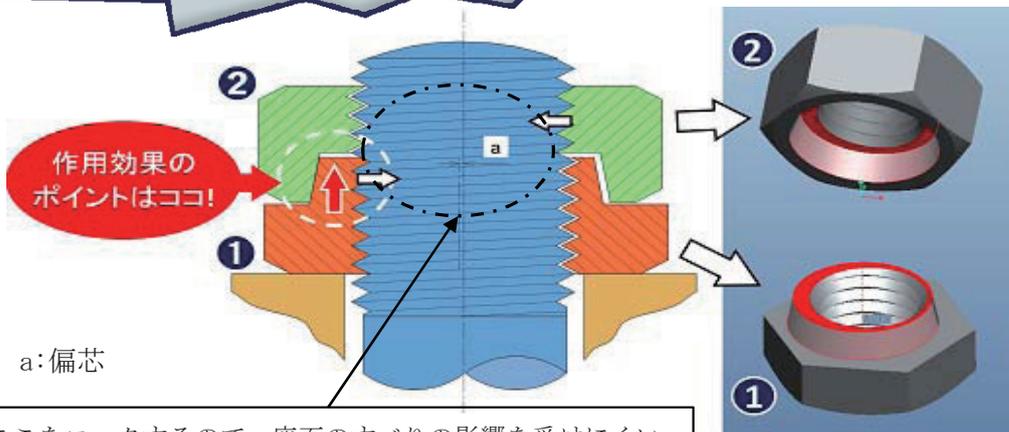
各種ナットゆるみ比較試験結果



1.1.2 ゆるみの原理とハードロックナットのゆるみ止め機能



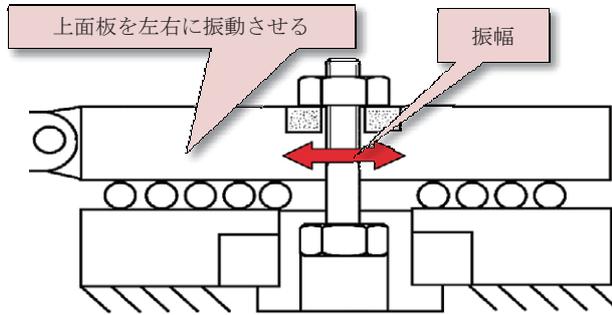
*参考文献 山本 晃 (2005) : ねじのおはなし、p. 79 日本規格協会



ここをロックするので、座面のすべりの影響を受けにくい

1.1.3 その他の試験条件での軸直角方向繰返し荷重によるゆるみ試験

(1)異なる振幅でのユニカー式試験結果

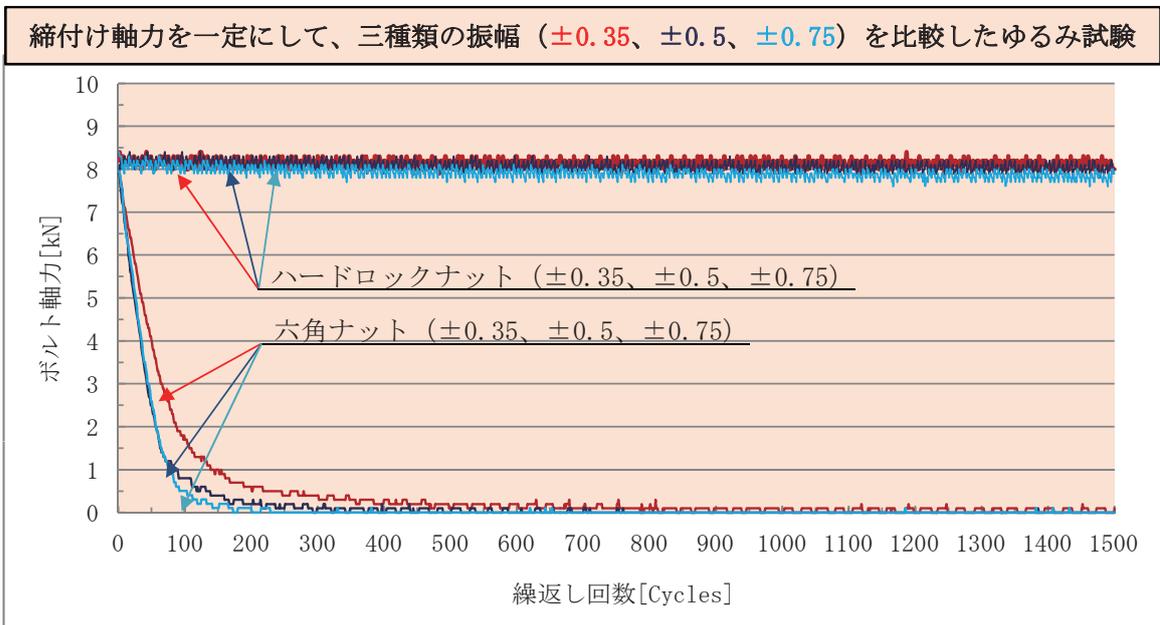


供試品

- ・ボルト:六角ボルト M12 強度区分4.8
- ・ナット:六角ナット、ハードロックナット
M12 強度区分4 めっき付

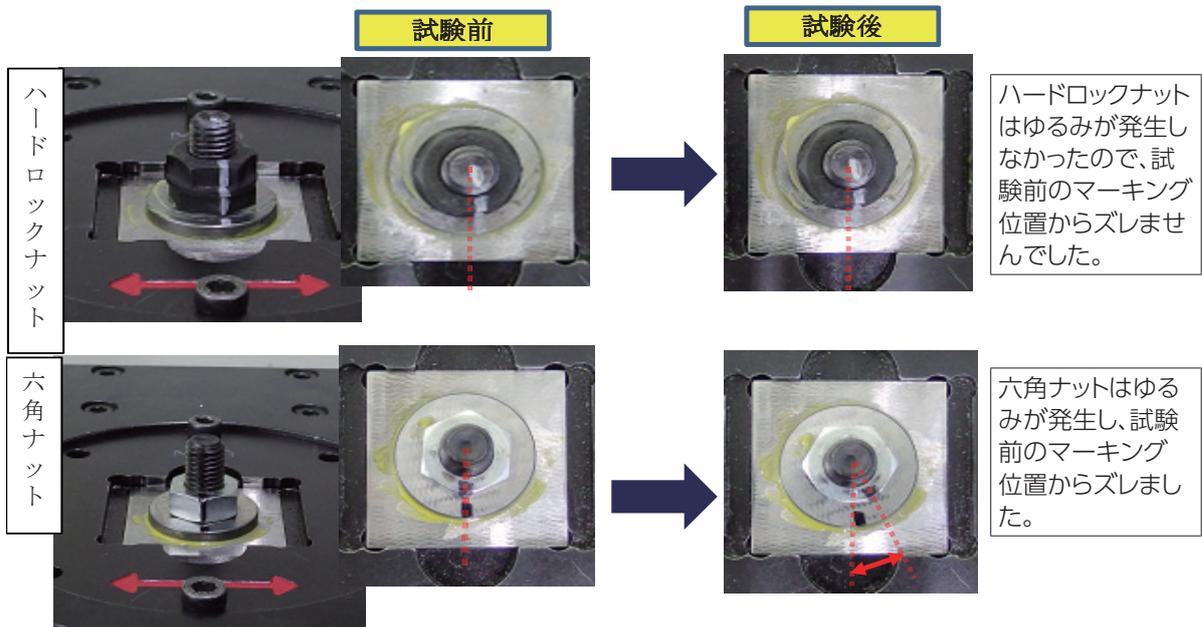
試験条件

- ・初期軸力:8.1kN ボルト降伏点の30%
- ・試験水準:振幅 ± 0.35 、 ± 0.5 、 ± 0.75 mm

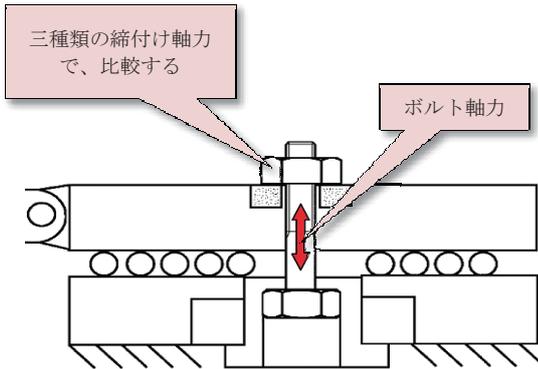


◇ユニカー式試験実施前にボルトとナットの緩みが分かるようにマーキングを施し、ゆるみ度合いを検証します。

試験水準 振幅 ± 0.35 mm 試験前・試験後の供試品写真

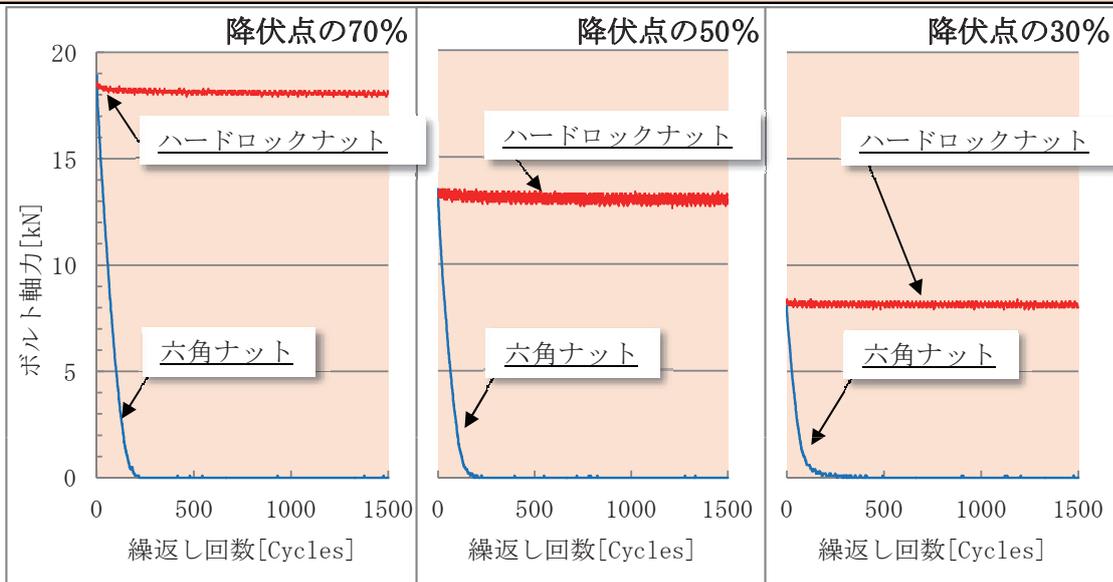


(2)異なる初期軸力でのユンカー式試験結果



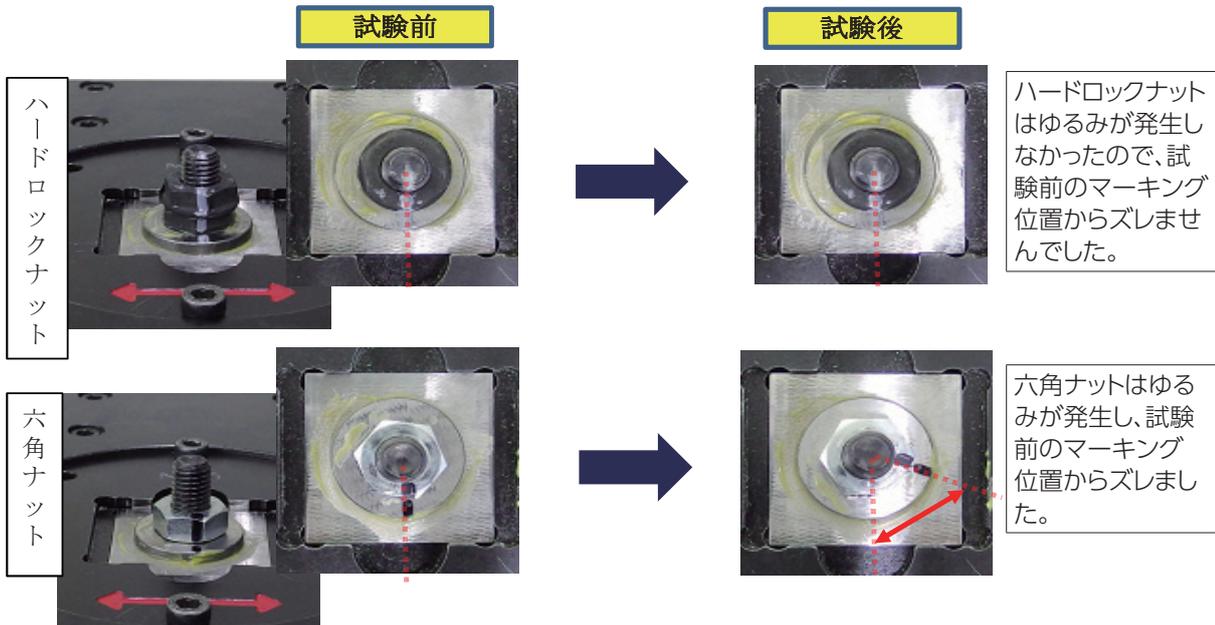
- 供試品
- ・ボルト:六角ボルト M12 強度区分4.8
 - ・ナット:六角ナット、ハードロックナット M12 強度区分4 めっき付
- 試験条件
- ・振幅:±0.35mm
 - ・試験水準:初期軸力降伏点の70%、50%、30%

振幅を一定にして、三種類の締付け軸力（70%、50%、30%）を比較したゆるみ試験



◇ユンカー式試験実施前にボルトとナットの緩みが分かるようにマーキングを施し、ゆるみ度合いを検証します。

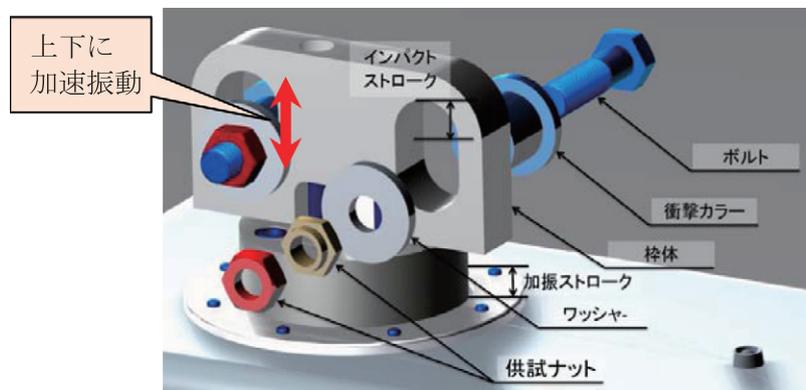
試験水準 初期軸力:降伏点の50% 試験前・試験後の供試品写真



1.2 NAS試験

米国航空宇宙規格:NAS (NATIONAL AEROSPACE STANDARD) 3350/3354に記載された加速振動試験が一般にNAS試験と呼ばれているものです。

下の図はNAS3354に基づく取付器具の模式図です。



我が社ではNAS試験を「NAS3350/3354に準じる衝撃振動試験」と呼称しています。「準じる」と呼称する理由は、我が社で平常実施するNAS試験と、本来のNAS3350に記載されたNAS試験とでは、主に以下の点で異なるからです。

1. 試験ナットは全てインチサイズで規定されている。
2. 治具に締結したナットを高温で6時間加熱する。
3. 締結のトルクは全て指定されている。

以下に示すのがNAS3350に規定された締付けトルク表を、メートル換算し締付けトルクをN・mに再計算したものです。

また、上記以外にも米国航空宇宙規格では、適応されるボルト・ナットの材質は耐熱合金が中心になっており、使用する潤滑剤も指定されていたり、さまざまな基準が設けられています。正しくNAS試験を行うにはこれ等の基準を全て守る必要があります。

サイズ		最大締付けトルク			
メートル	インチ	加熱前(室温)		加熱後(室温)	
		N・m	INCH・LBS	N・m	INCH・LBS
	No.10	2.0	18	4.1	36
M5		2.2		4.3	
M6		3.1		6.2	
	1/4	3.4	30	6.8	60
	5/16	6.8	60	13.6	120
M8		6.9		13.8	
	3/8	9.0	80	18.1	160
M10		9.7		19.4	
	7/16	11.3	100	22.6	200
M12		14.5		28.9	
	1/2	17.0	150	33.9	300
M14		21.6		43.2	
	9/16	22.6	200	45.2	400
	5/8	33.9	300	67.8	600
M16		34.3		68.7	

1.2.1 試験方法

- (1) 試験片ナットを前記表の加熱前の締付けトルクで、4回着脱します。5回目に加熱前トルクで締め付けます。
 - (2) 締結体一式を電気炉に入れ、 $800^{\circ}\text{F}+25^{\circ}\text{F}$ ($425\pm 2^{\circ}\text{C}$) 又は $450^{\circ}\text{F}+25^{\circ}\text{F}$ ($230\pm 2^{\circ}\text{C}$) で6時間加熱します。
 - (3) 上記設定温度で加熱後、SAE20油相当の機械油をボルトに塗布し、加熱後の締付けトルクでナットを締め付けます。
 - (4) ボルト、ナット、ワッシャーにマーキングを施し、試験を開始します。
 - (5) 試験条件は、振動周波数1750~1800c.p.mで設定し、30000cycles実施しますが、30000cycles前に各ナットとボルト間のズレが 360° 以上になった時点で試験を中止します。(30000cyclesは約17分です)
 - (6) 試験終了後のナットの、亀裂もしくは破断部分の有無を10倍に拡大し検査します。
- ※今回の試験では(6)は実施しません。

試験概要

4種類の材質と4種類のナットを用い、試験を行います。
 材質(4種類)×試験ナット(4種類) = 16の組み合わせ
 ※1つの組み合わせにつき2set試験を行います。

試験条件

供試品

ボルト : 六角ボルトM16×首下70 生地
 ナット : 六角ナット(1種)、六角低ナット(3種)
 ハードロックナットM16×2.0 生地
 材質 : S45C調質、SCM435調質、アロイC276、Ti-6Al-4V(チタン合金)
 等級 : S45C調質、SCM435調質-2級 / アロイC276、Ti-6Al-4V(チタン合金)-1級
 加熱温度 : S45C調質、SCM435調質- $230\pm 2^{\circ}\text{C}$
 アロイC276、Ti-6Al-4V(チタン合金)- $425\pm 2^{\circ}\text{C}$

試験ナット

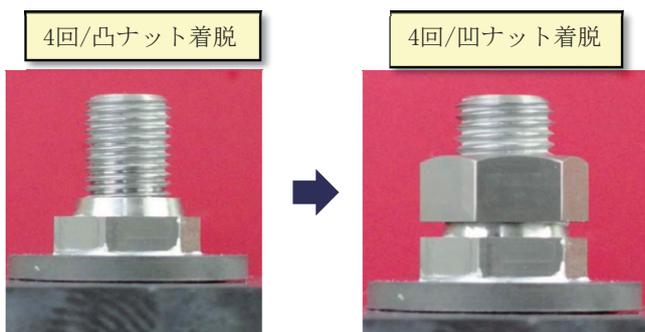
HLN : ハードロックナット SN+SW: 六角ナット(1種) + ばね座金
 WN : 六角ナット(1種) + 六角低ナット(3種) SN: 六角ナット(1種)

締付け方法

HLN : 凸ナットを加熱前トルクで4回着脱し、その後凹ナットを4回着脱します。
 WN : 下ナットを加熱前トルクで4回着脱し、その後上ナットを4回着脱します
 SN+SW、SN : 試験方法どおりに着脱し、締め付けます。

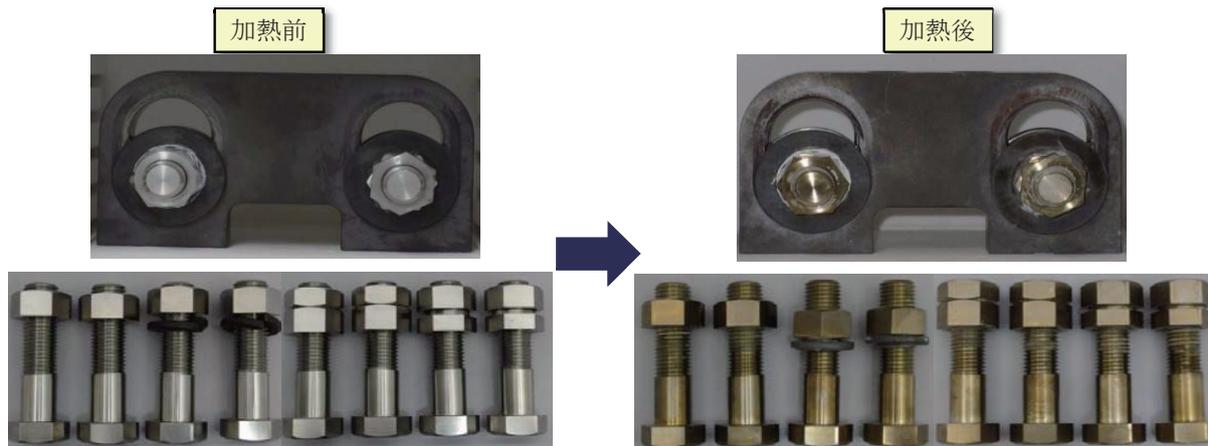
試験方法説明 *写真は全てTi-6Al-4V(チタン合金)

- (1) 試験体を治具に締結し、加熱前トルク($34.3\text{N}\cdot\text{m}$)で締め付けます。

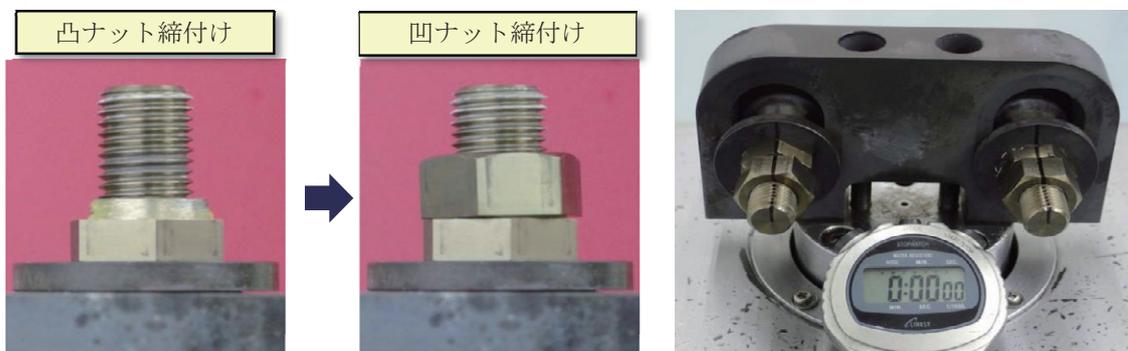


第1章 ハードロックナットの特徴

(2)指定温度(425±2℃)で6時間加熱した後は自然冷却しました。



(3)SAE20油相当の機械油をボルトに塗布し、加熱後トルク(68.7N・m)で締め付けます。
 (4)マーキングを施し、試験を開始します。
 *SWのばね作用はこの時点でほぼ消えています。



1.2.2 試験結果

試験品材質		S45C調質		SCM435調質		アロイC276		Ti-6Al-4V	
	No.	耐振時間 Cycles	評価	耐振時間 Cycles	評価	耐振時間 Cycles	評価	耐振時間 Cycles	評価
SN	1	20秒 593	×	15秒 445	×	10秒 297	×	45秒 1335	×
	2	10秒 297	×	15秒 445	×	10秒 297	×	15秒 445	×
SN+SW	1	30秒 890	×	30秒 890	×	10秒 297	×	30秒 890	×
	2	10秒 297	×	45秒 1335	×	10秒 297	×	40秒 1187	×
WN	1	1分 1780	×	1分 1780	×	15秒 445	×	3分 5340	×
	2	20秒 593	×	45秒 1335	×	20秒 593	×	5分 8900	×
HLN	1	約17分 30000	○	約17分 30000	○	約17分 30000	○	約17分 30000	○
	2	約17分 30000	○	約17分 30000	○	約17分 30000	○	約17分 30000	○

以上の試験結果から、どの材質であってもハードロックナットは構造的にゆるまない事が読み取れます。

1.3 軸方向繰返し荷重によるゆるみ試験

1.3.1 軸方向繰返し荷重によるゆるみ試験の概要

ボルト軸直角方向以外に、軸方向の繰返し荷重について考えます。

軸方向繰返し荷重試験では、繰返し荷重が軸力の2倍以上の時に回転ゆるみが発生することが知られています。

∴ $W / F_0 = C$ とおくと、 $C \geq 2$ が回転ゆるみが発生する最低条件である。
 (W : 負荷荷重 F_0 : 初期軸力)

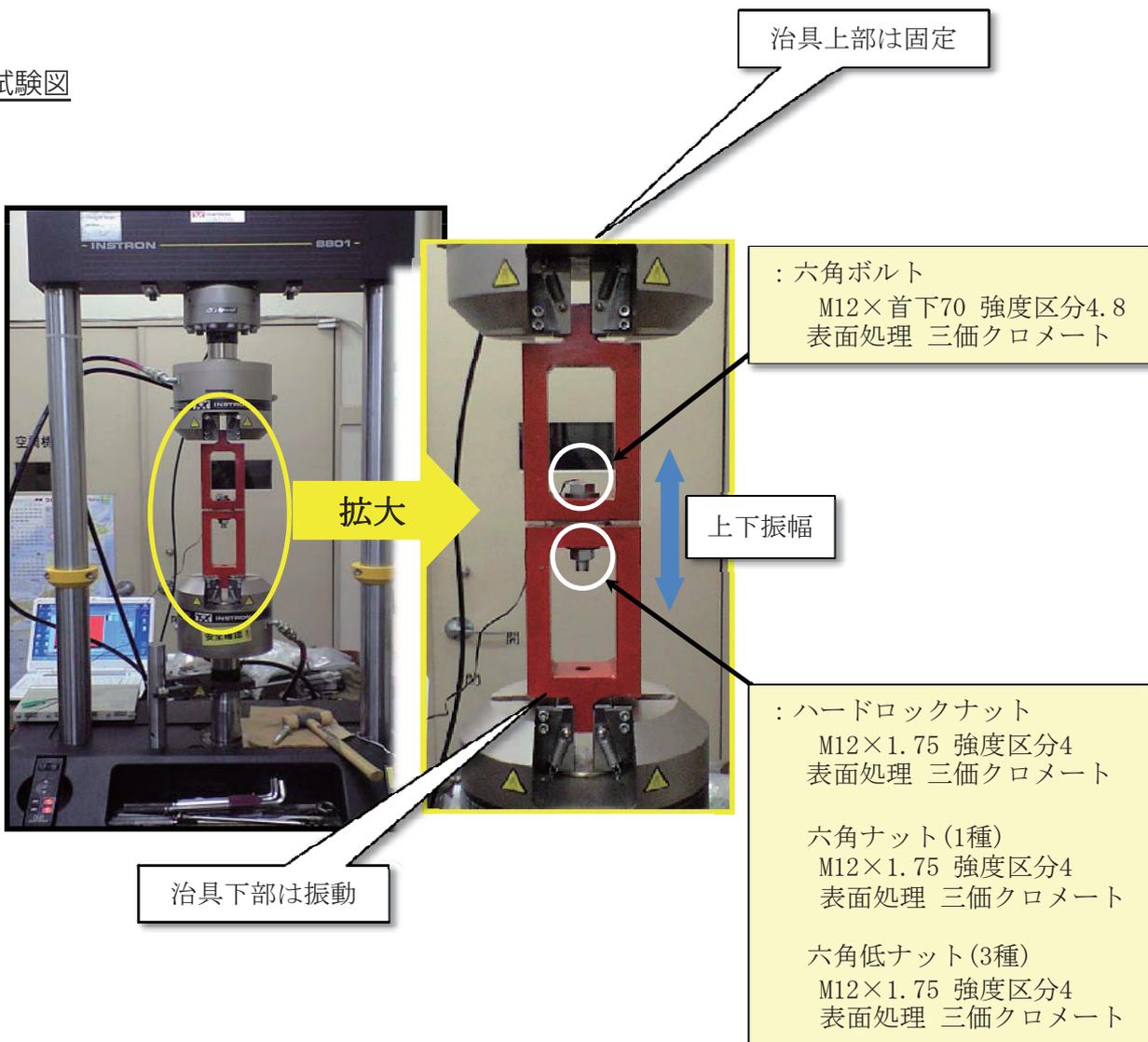
ボルトナットを下図の様に締結し治具下部に繰返し荷重を作用させます。

繰返し荷重を繰り返して作用させる事により、回転ゆるみが発生するかどうかをボルトナットの軸力を測定する事で観測します。

試験周波数

繰返し荷重: 1Hz

試験図



第1章 ハードロックナットの特徴

試験条件

(1)初期軸力 F_0

ボルト降伏軸力 F_y の20%、70%の2組

$$F_y = 340 \times 84.3$$

$$= 28662 \text{ (N)}$$

$$\textcircled{1} F_y \text{ の } 20\% = 5732 \text{ (N)}$$

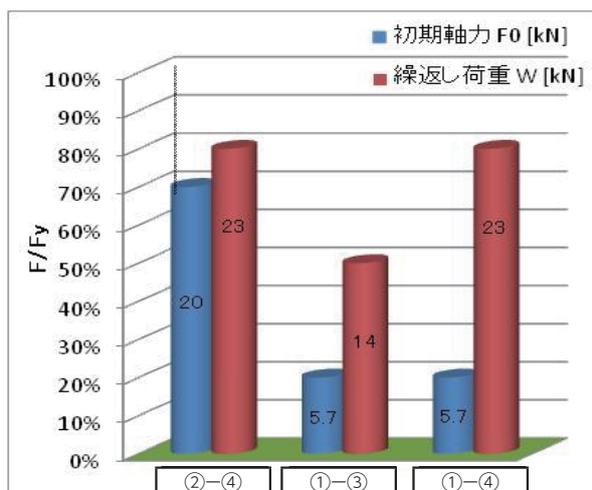
$$\textcircled{2} F_y \text{ の } 70\% = 20063 \text{ (N)}$$

(2)繰返し荷重 W

ボルト降伏軸力 F_y の50%、80%の2組

$$\textcircled{3} F_y \text{ の } 50\% = 14331 \text{ (N)}$$

$$\textcircled{4} F_y \text{ の } 80\% = 22930 \text{ (N)}$$



(3)引張荷重・初期軸力組合せ

条件/組合せ	初期軸力 F_0	繰返し荷重 W	備考
②-④	20063 N	22930 N	ゆるまない条件
①-③	5732 N	14331 N	ゆるみが発生する可能性がある条件
①-④	5732 N	22930 N	ゆるむ条件

試験ナット

HLN :ハードロックナット スタンダードリム

WN :六角ナット(1種) + 六角低ナット(3種)

SN+SW :六角ナット(1種) + ばね座金

SN :六角ナット(1種)

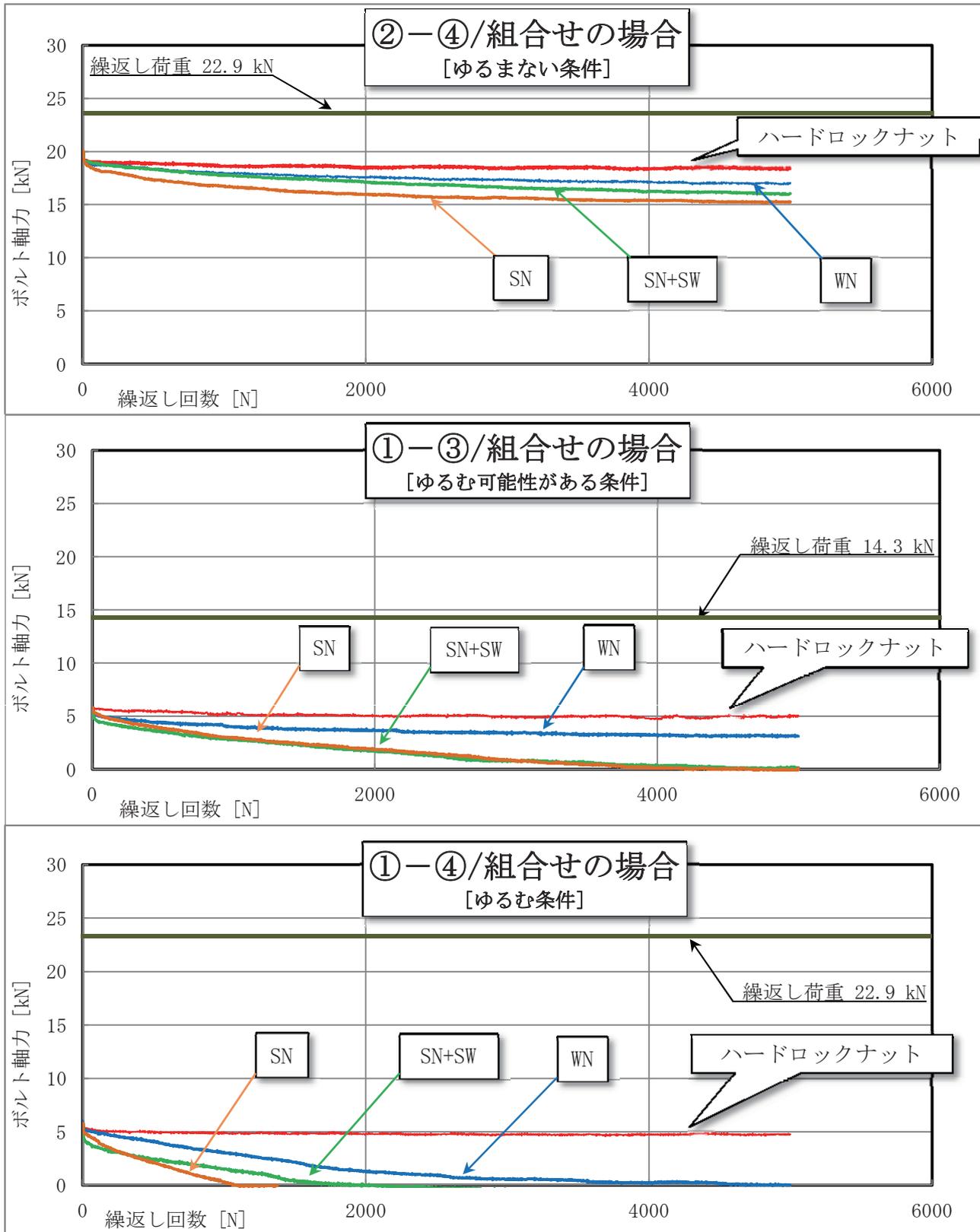
以上の試験ナットを用いて各試験条件下で試験を行いました。
以下がその試験結果の簡易まとめの一覧です。

試験結果一覧

条件番号	試験品	繰返し回数	初期軸力 F_0 (kN)	残留軸力 F_z (kN)	低下軸力量 $F_0 - F_z$ (kN)	残留軸力
②-④	HLN	5000	19.25	18.42	0.83	96%
	WN	5000	19.95	17.01	2.94	85%
	SW	5000	19.85	15.79	4.06	80%
	SN	5000	20.07	15.15	4.92	75%
①-③	HLN	5000	5.73	4.99	0.74	87%
	WN	5000	5.77	3.11	2.67	54%
	SW	5000	5.73	0.00	5.73	0%
	SN	5000	5.75	0.00	5.75	0%
①-④	HLN	5000	5.67	4.75	0.92	84%
	WN	5000	5.96	0.00	5.96	0%
	SW	2500	5.70	0.00	5.70	0%
	SN	1100	5.78	0.00	5.78	0%

難
ゆるみ易さ
易

1.3.2 試験結果



上記結果より、軸方向繰返し荷重ではボルトナットは正しく締結し、十分な初期軸力を与えていれば、回転ゆるみを起こしにくい事が理解できます。

しかし、なんらかの要因で初期軸力の低下が起きた場合でもハードロックナットは凹ナットの締付けさえ十分行われていれば、回転ゆるみを生じにくい事が分かります。

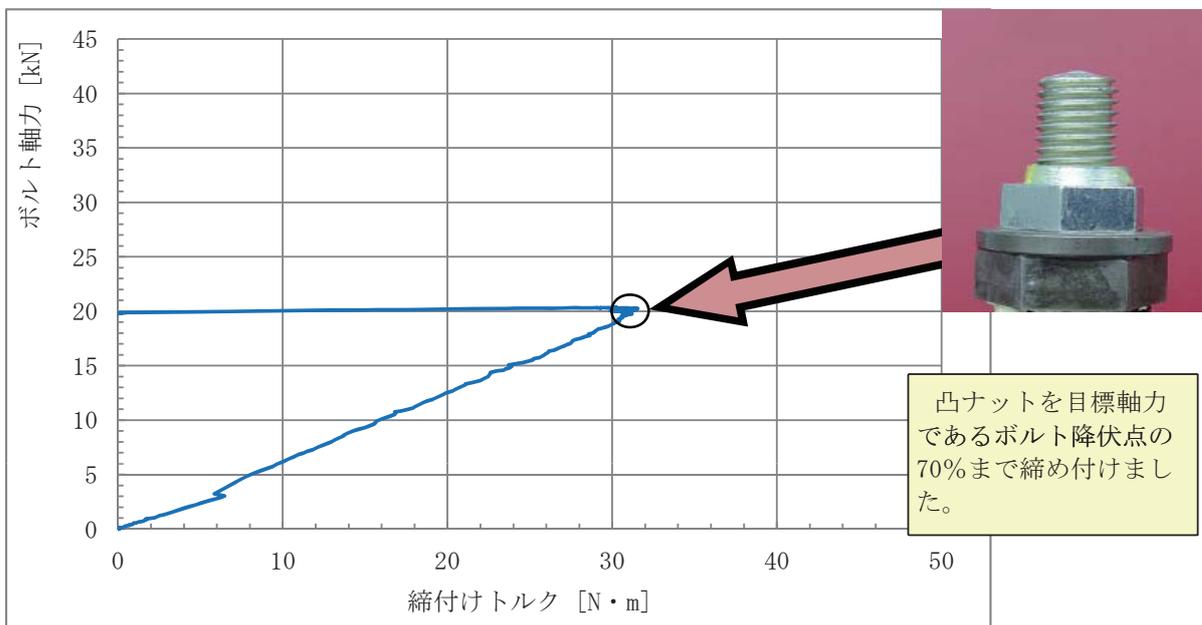
2 トルク・軸力管理が可能

締付け試験結果

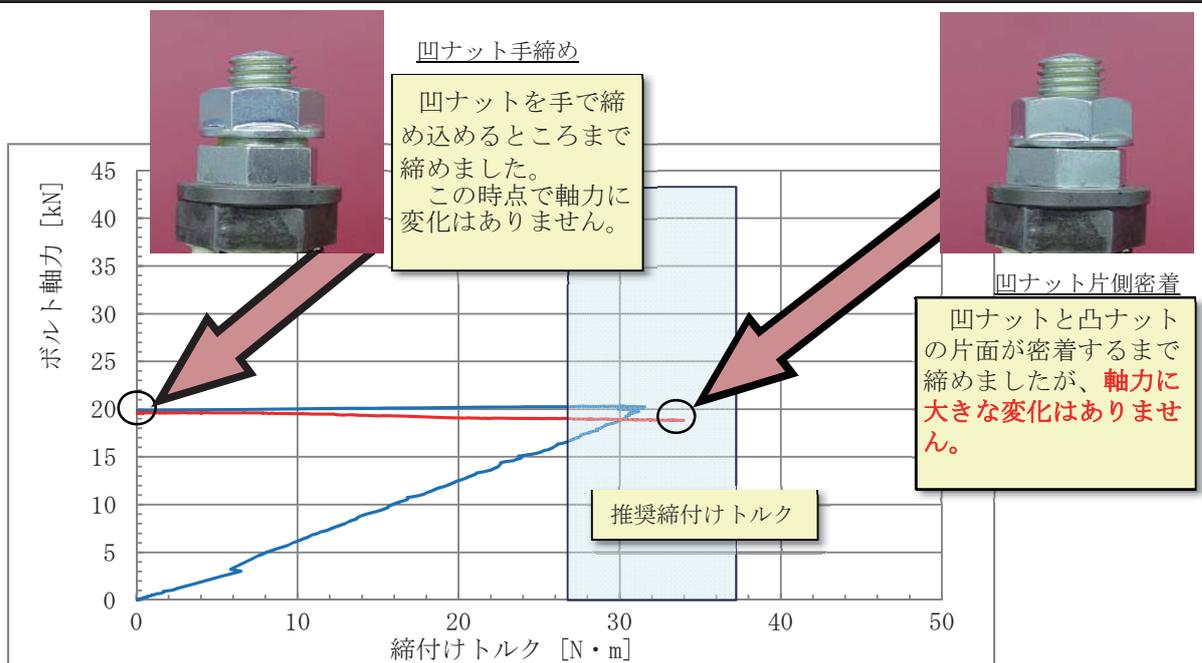
ハードロックナットの使用方法の基本は、凸ナットで軸力を発生させた後、凹ナットでロックするというものです。よって、凸ナットに関してはJISの六角ナット(1種)と同様に目標軸力まで締結し、凹ナットについては弊社の推奨トルクで締結していただくことになります。

以下にハードロックナットとダブルナットの締付け試験結果を示します。

ハードロックナット 凸ナットの締付け



ハードロック 凹ナットの締付け



試験条件

供試品

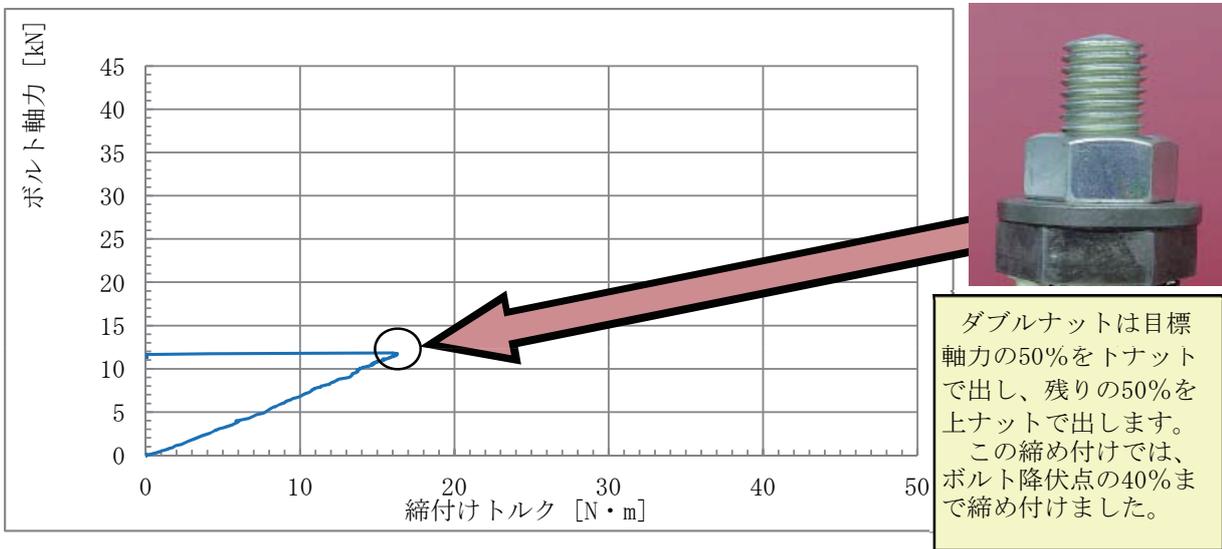
ボルト : M12×首下70 強度区分4.8、表面処理 三価クロメート
 ナット : 六角ナット(1種)、六角低ナット(3種)、ハードロックナット
 強度区分4 表面処理 三価クロメート
 潤滑剤 : ペースト

ダブルナットの締め付け方法

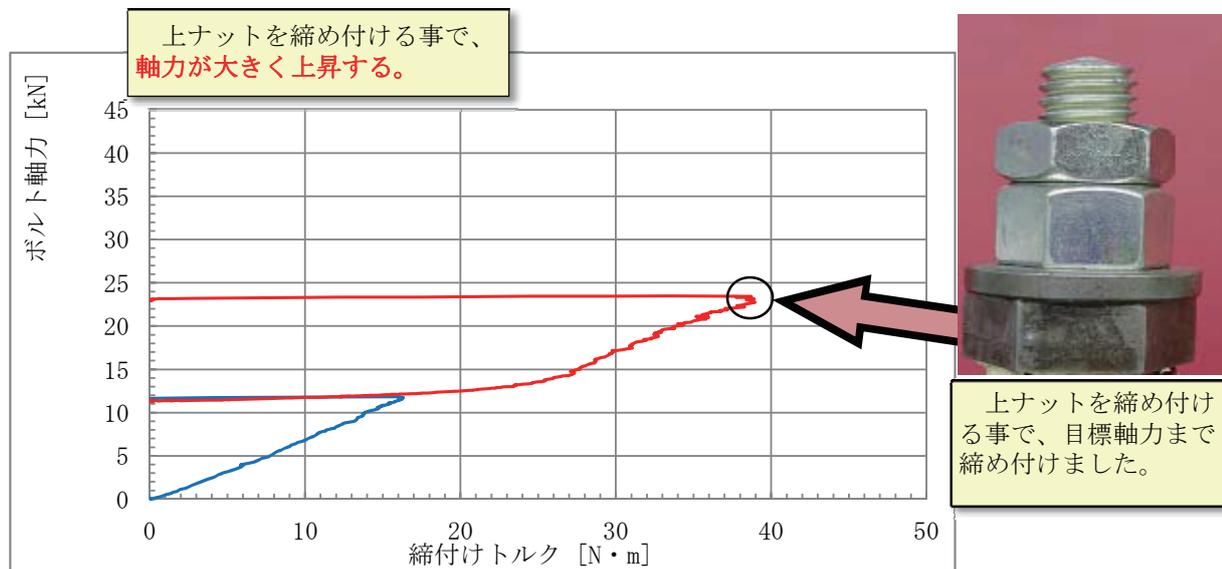
上ナット正転法: 下ナットを締め付け、下ナットを固定しながら上ナットを締め付ける。

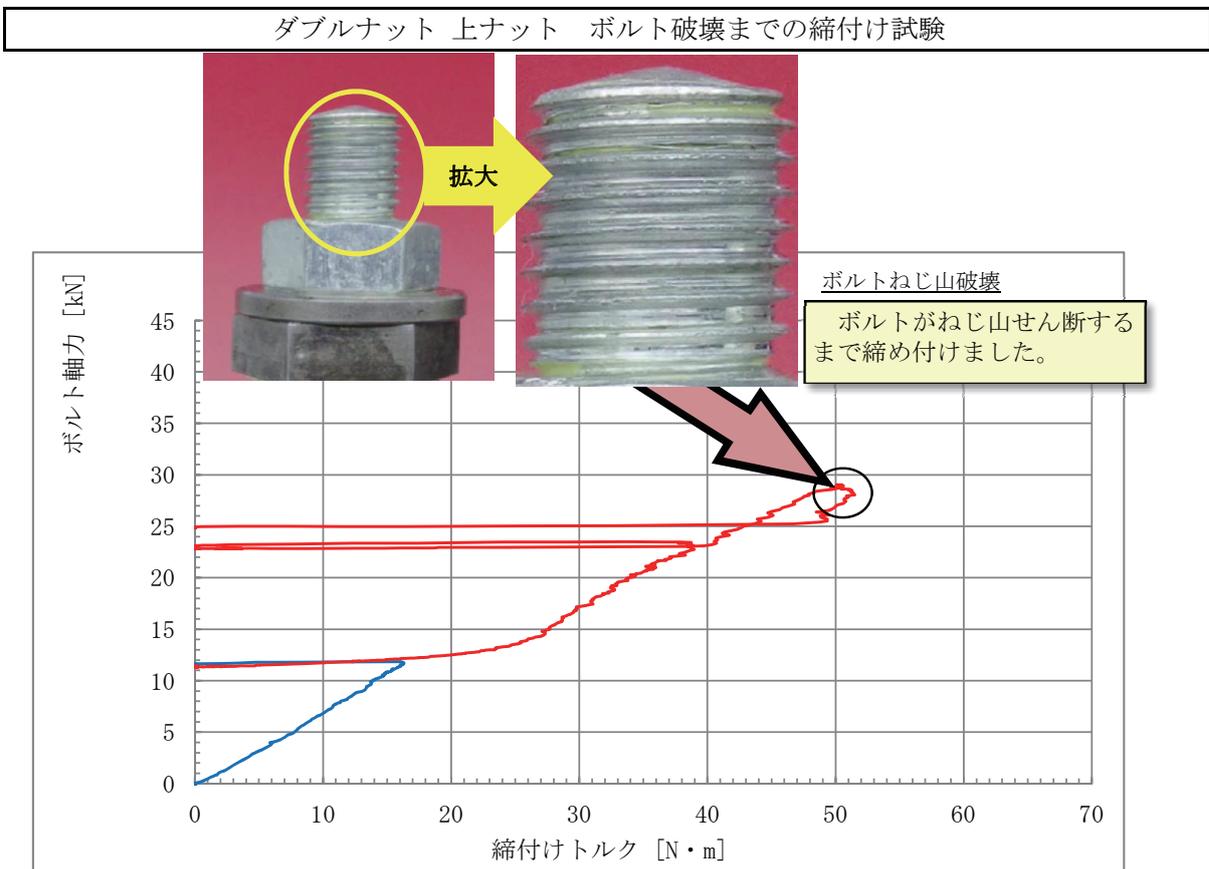
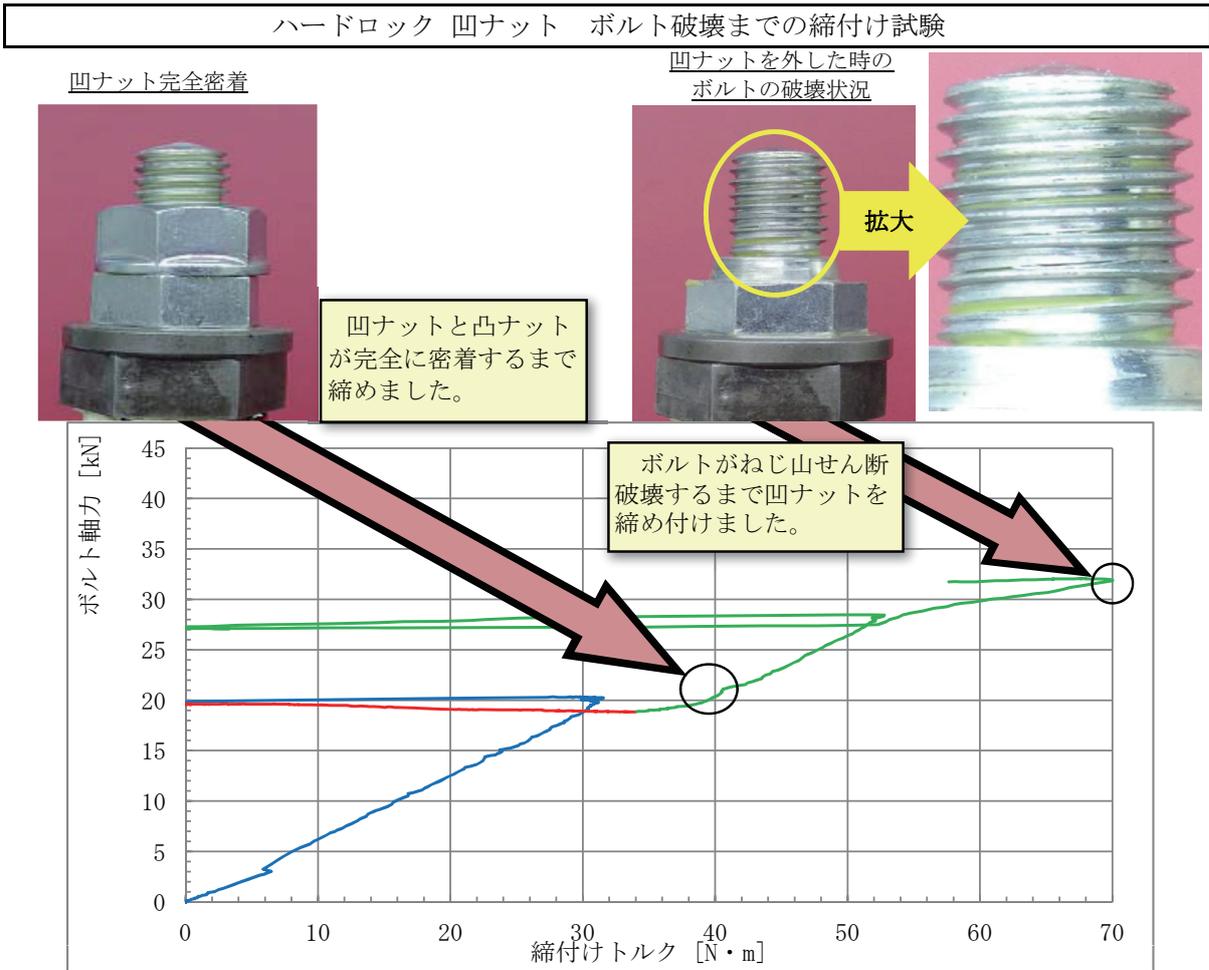
目標軸力は下ナットは降伏点の40%、上ナットは80%です。

ダブルナット 下ナット(1種)の締め付け



ダブルナット 上ナット(3種)の締め付け





ハードロックナットの締め付けによるトルクと軸力の変化をグラフから見ると、推奨締め付けトルクの範囲内では大きな軸力の変化はありません。

このように、ハードロックナットは軸力を管理する上では凸ナットのトルク管理をすれば、凹ナットは推奨締め付けトルクの範囲内で締め付けるだけなので、軸力管理が可能です。

一方、ダブルナットはグラフを見ると下ナット、上ナット共に締め付ける事で軸力が増加します。つまり、軸力管理を行うに当たって上ナット、下ナット両方管理しなければならず、現実的には困難であると言えるでしょう。

このようにハードロックナットは、ナットを2つ使う点ではダブルナットと比較して、軸力管理が可能である事が分かります。

ハードロックナットの凹ナット推奨締め付けトルクは、ねじ山せん断トルクの半分程度である事が分かります。このことから、凹ナットの締め付けによるボルトねじ山せん断は、通常使用時には発生しない事が分かります。

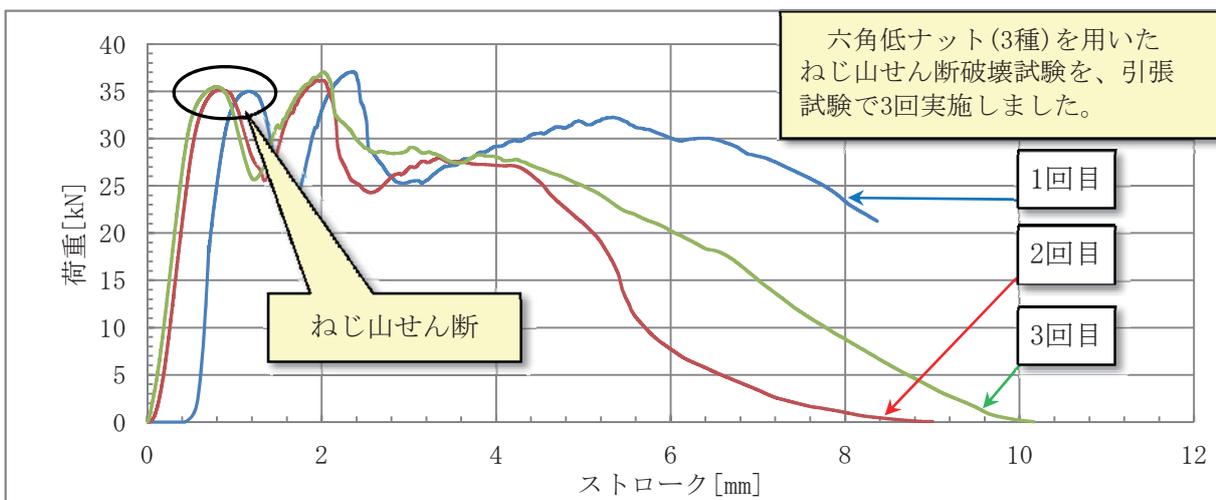
このように、ハードロックナットは軸力管理が可能であり、凹ナットの締め付けトルクが推奨締め付けトルクを超えてもボルト破断に至る危険は少ないと言えるでしょう。

参考事例

一般的にねじ山を単純引張りした時の破損荷重と比較した場合、本ねじ山破壊試験の様な締め付けによるボルトの破損荷重(ねじりが加わった引張り破損荷重)は85%程度とされています。

※詳しくは、p169の2.3.2 破損の法則-ミーゼスの降伏条件にて

本ねじ山破壊試験ではダブルナットとハードロックナットのボルト破損荷重はほぼ同じ値の30kN前後に収まっています。一方、ダブルナットの上ナットにあたる六角低ナット(3種)の単純引張試験では下記の通り、35kN前後でねじ山せん断破壊を起こしました。35kNの85%は約30kNですので、今回のねじ山破壊試験結果は妥当であると言えます。



試験条件

ボルト : M12×首下70 強度区分4.8、表面处理 三価クロメート (本試験と同一)

ナット : 六角低ナット(3種) 強度区分4 表面处理 三価クロメート (本試験と同一)

3 繰り返し使用が可能

当社ハードロックナットは繰り返し使用が可能なのが特徴の一つです。
 繰り返し使用した際のゆるみ止め性能と、その際のトルクと軸力の関係を以下に示します。

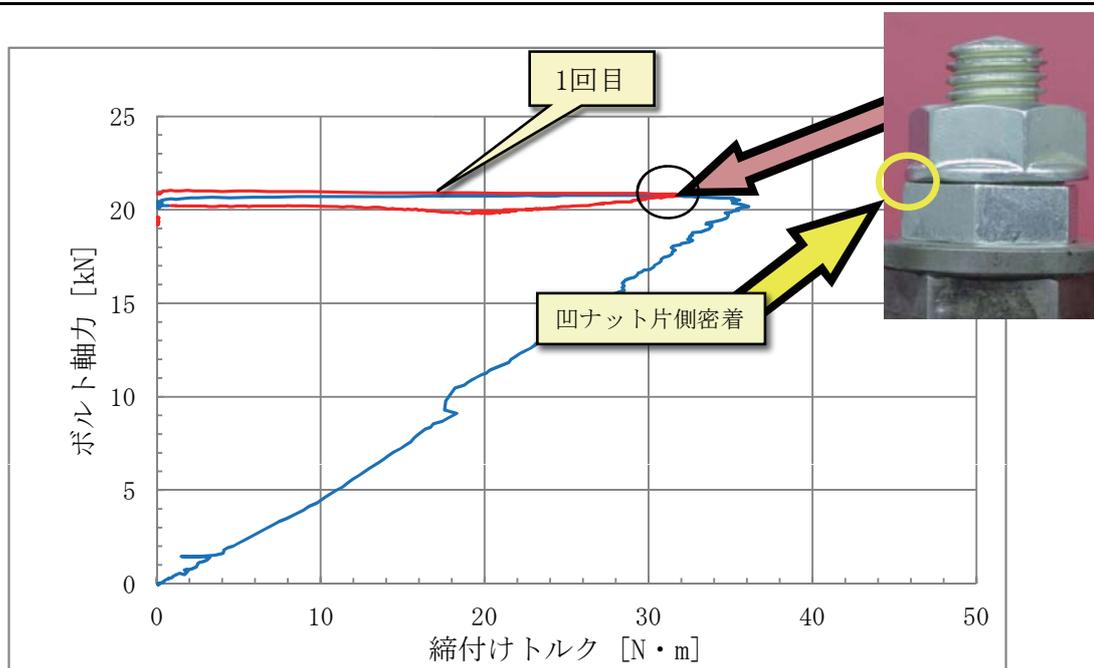
試験条件

供試品

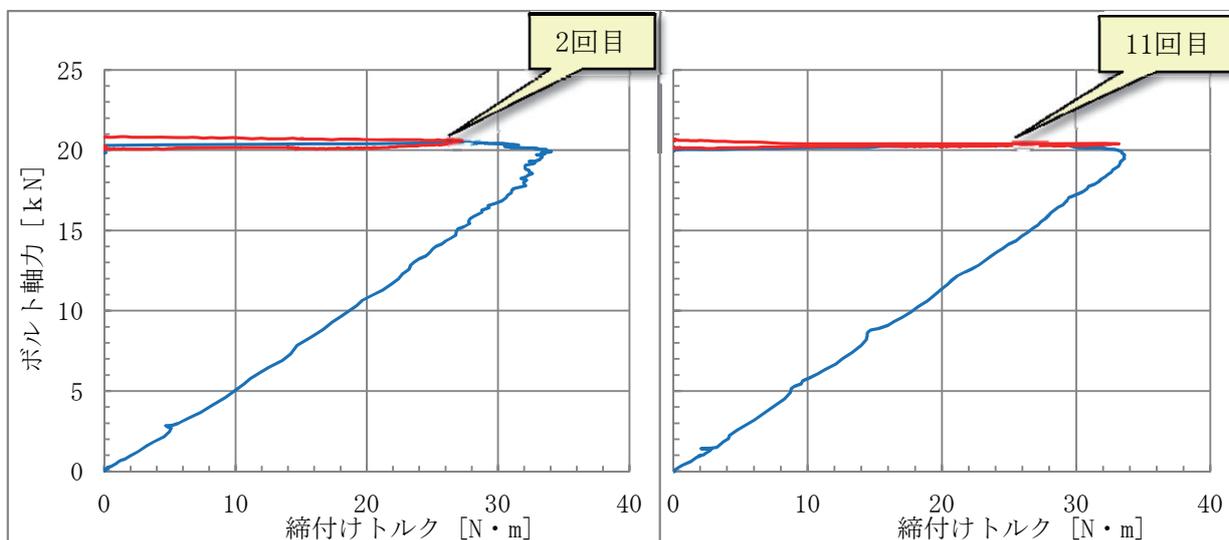
ボルト : M12×首下70 強度区分4.8、表面処理 三価クロメート

ナット : ハードロックナット 強度区分4 表面処理 三価クロメート

1回目締付け



2回目、11回目締付け



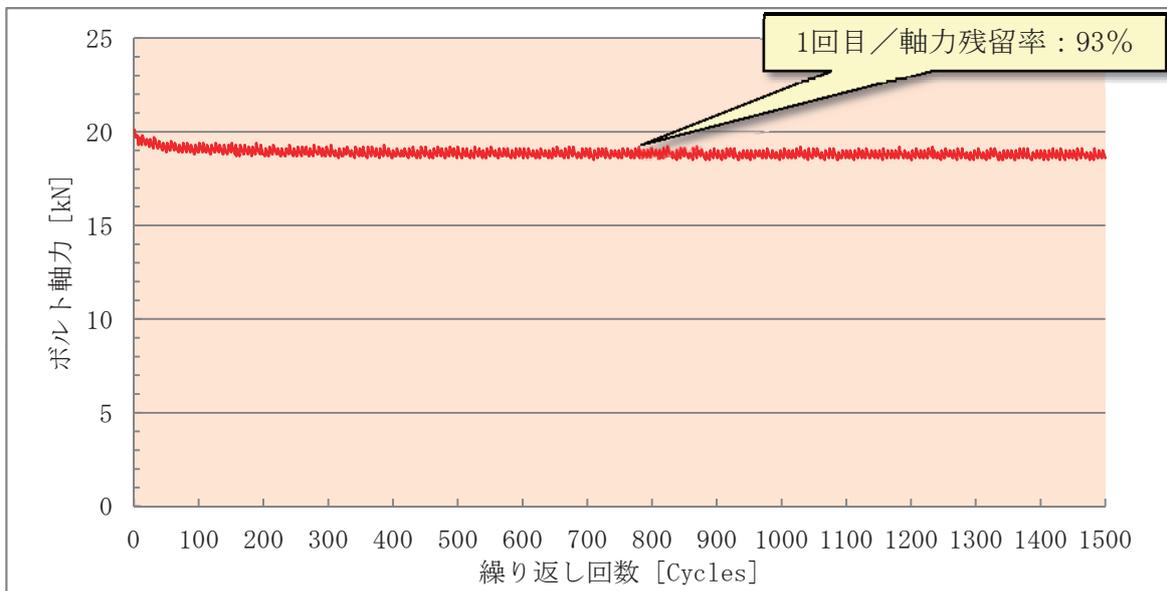
試験方法

- (1)ハードロックナットを締結し、締付け試験を行います。
- (2)ユニカー式試験を行いゆるみ止め性能を確認します。
- (3)ユニカー式試験後、締付け試験を行います。
- (4)8回着脱し、再度締付け試験を行います。
- (5)(1)~(4)を繰り返し、(2)の試験時点で51回繰り返し締め付けるまで行います。

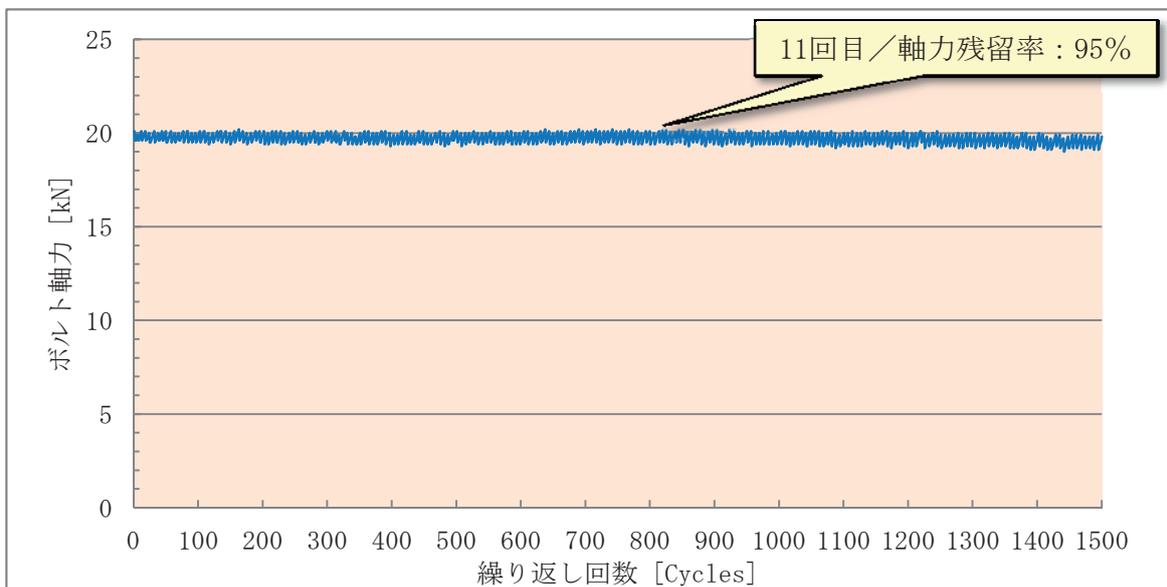
締付け方法

凸ナットは降伏点の70%を目標に締結します。
 凹ナットは凸ナットと片側密着するまで締め付けました。

1回目締付け後のユニカー式試験

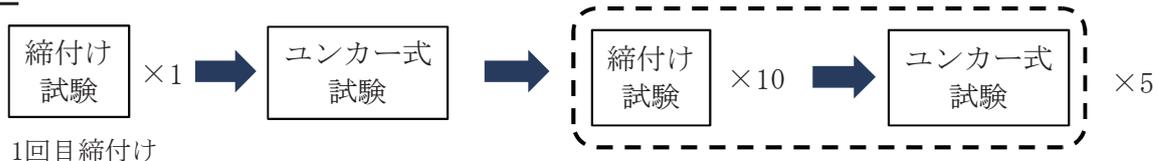


11回目締付け後のユニカー式試験



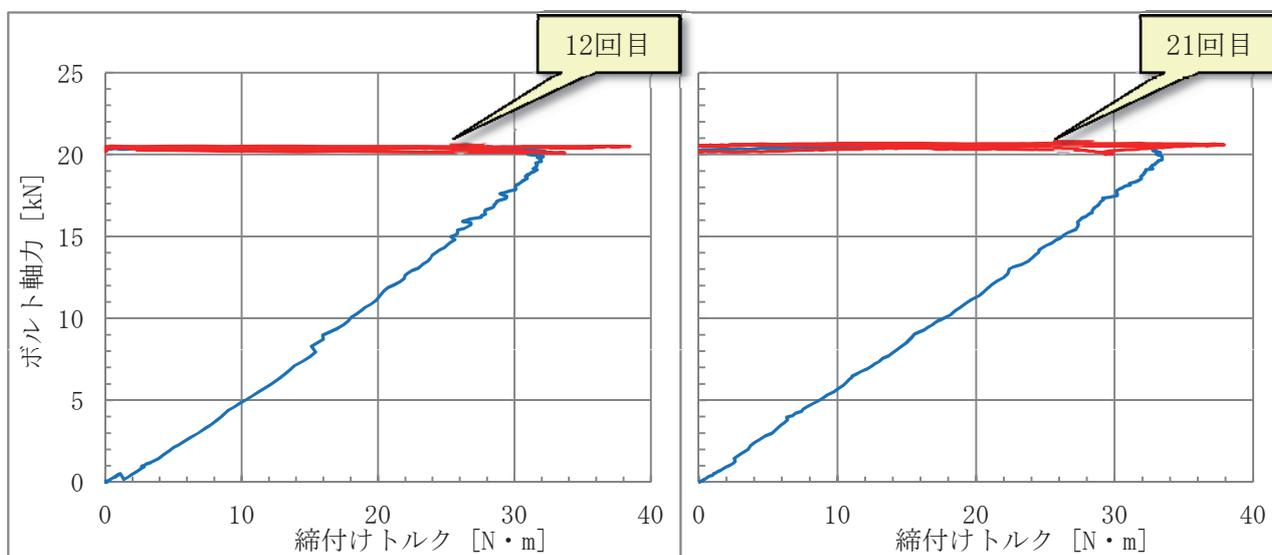
第1章 ハードロックナットの特徴

試験モード

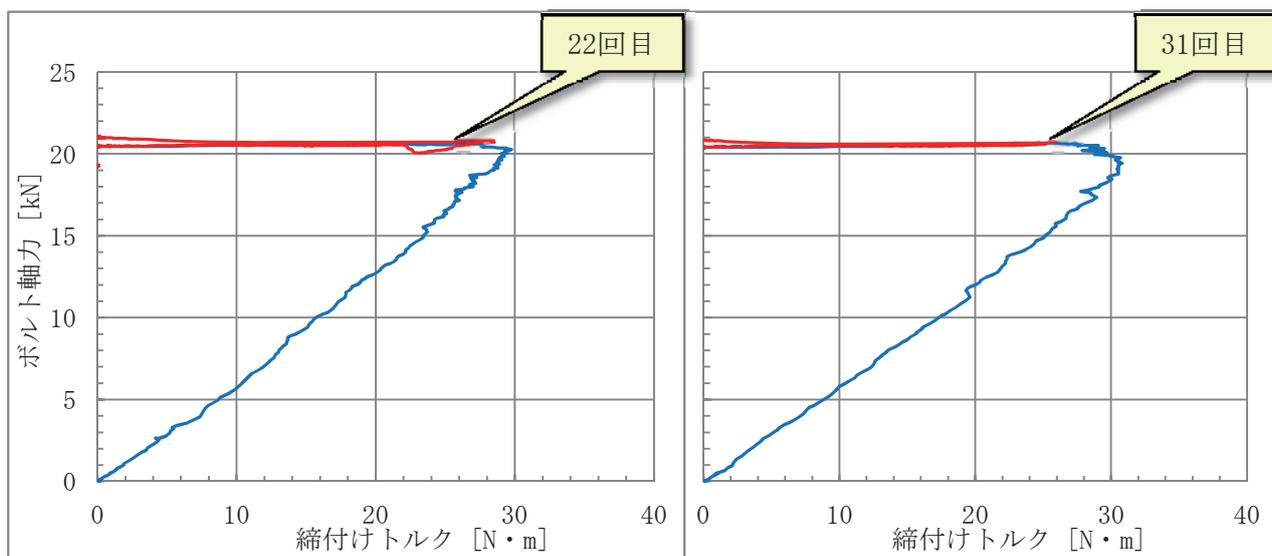


以上の様に、合計6回のユンカー式試験を実施し、51回の締付けを行います。
10回の締付け試験の中から、ユンカー式試験直前と直後の締付け試験結果を示しています。

12回目、21回目締付け



22回目、31回目締付け

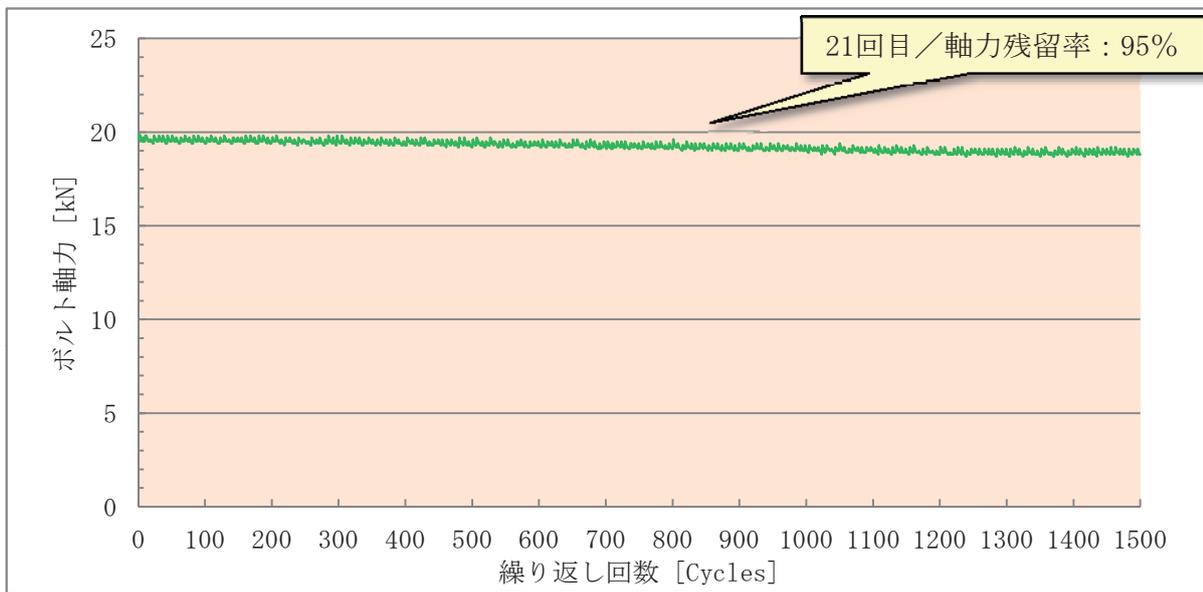


ユンカー式試験条件

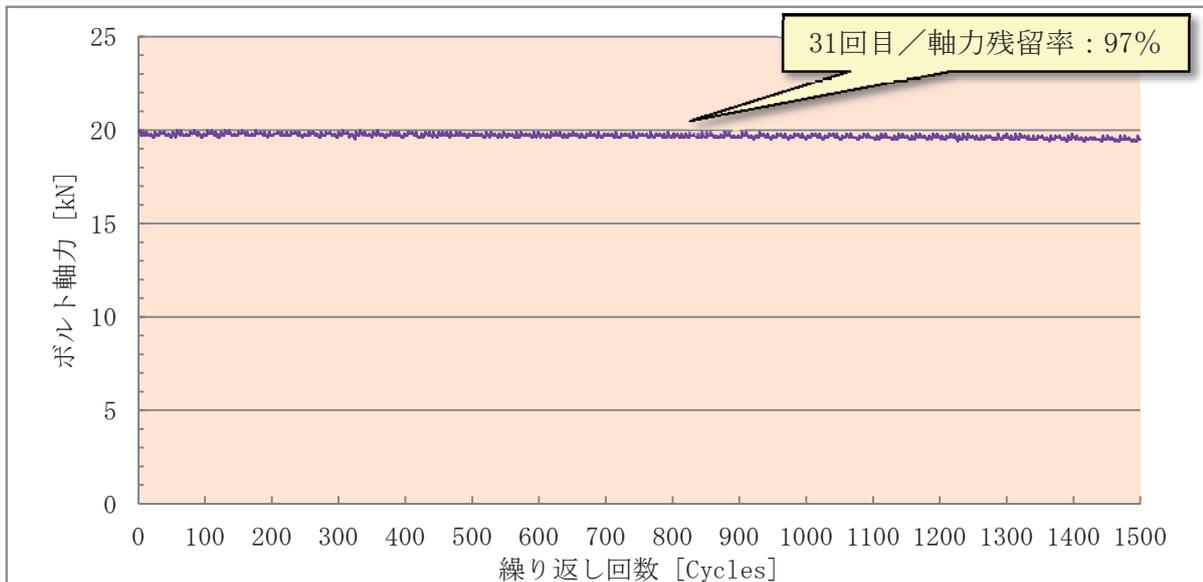
- ・振幅条件 : ±0.35 mm
- ・初期軸力 : 降伏点の70%
- ・振動回数 : 1500 cycles

ユンカー式試験の際、潤滑剤の塗布を行います。これは、焼付きの防止とゆるみ止め機能以外の要因による軸力残留を避けるためです。例えば、座面が焼付いたり、ボルトの打痕や座面の荒れにナットが引っかかれば回転ゆるみは発生しません。潤滑剤を塗布することで、これらの影響を排除し純粋なゆるみ止め性能を測ることが可能となります。

21回目締付け後のユンカー式試験



31回目締付け後のユンカー式試験



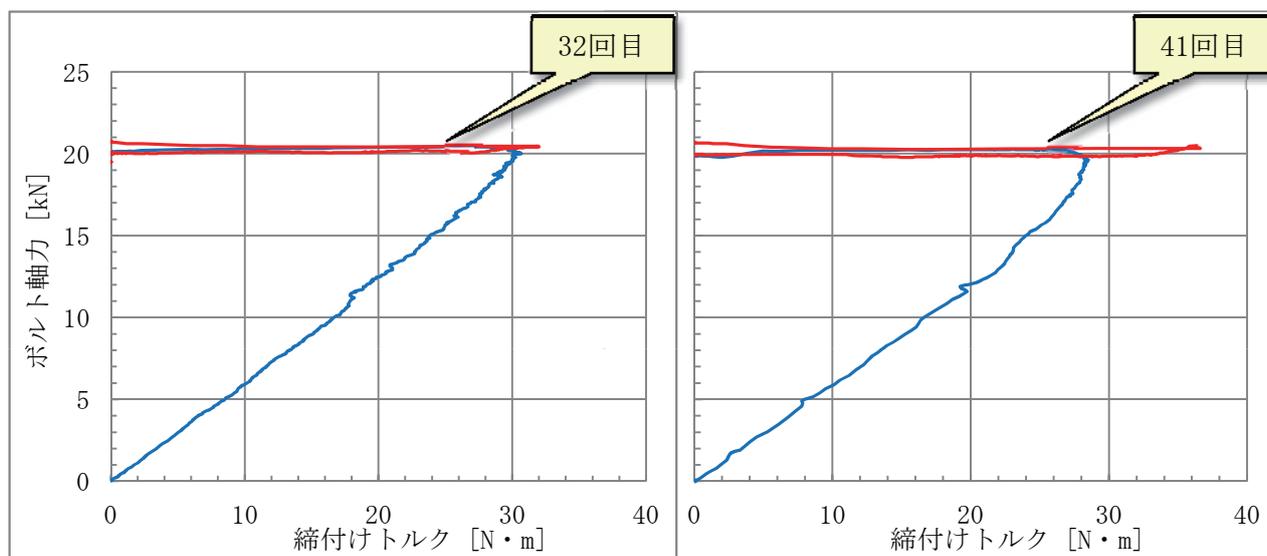
第1章 ハードロックナットの特徴

ユニカー式試験条件

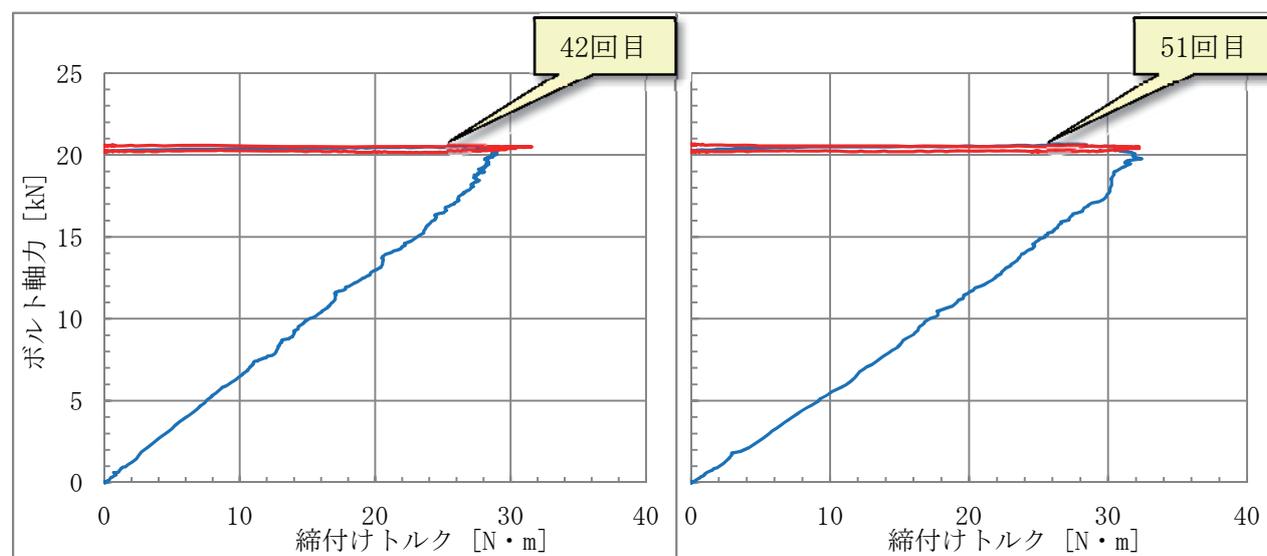
- ・振幅条件 : ± 0.35 mm
- ・初期軸力 :降伏点の70%
- ・振動回数 :1500 cycles

ユニカー式試験の際、潤滑剤の塗布を行います。これは、焼付きの防止とゆるみ止め機能以外の要因による軸力残留を避けるためです。例えば、座面が焼付いたり、ボルトの打痕や座面の荒れにナットが引っかかれば回転ゆるみは発生しません。潤滑剤を塗布することで、これらの影響を排除し純粋なゆる

32回目、41回目締付け



42回目、51回目締付け

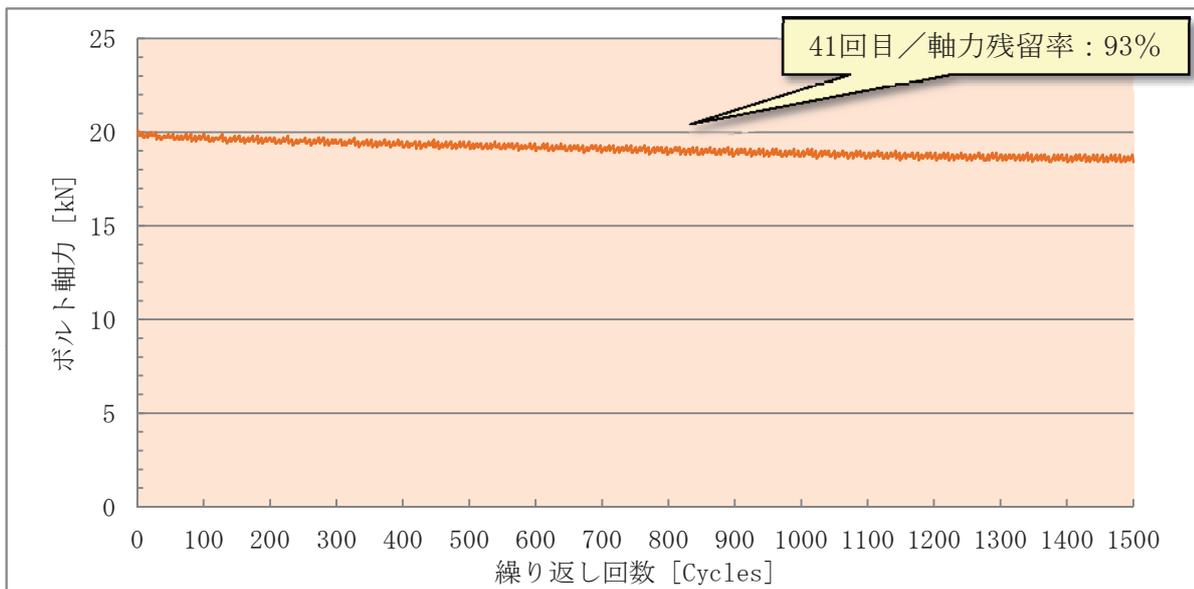


み止め性能を測ることが可能となります。

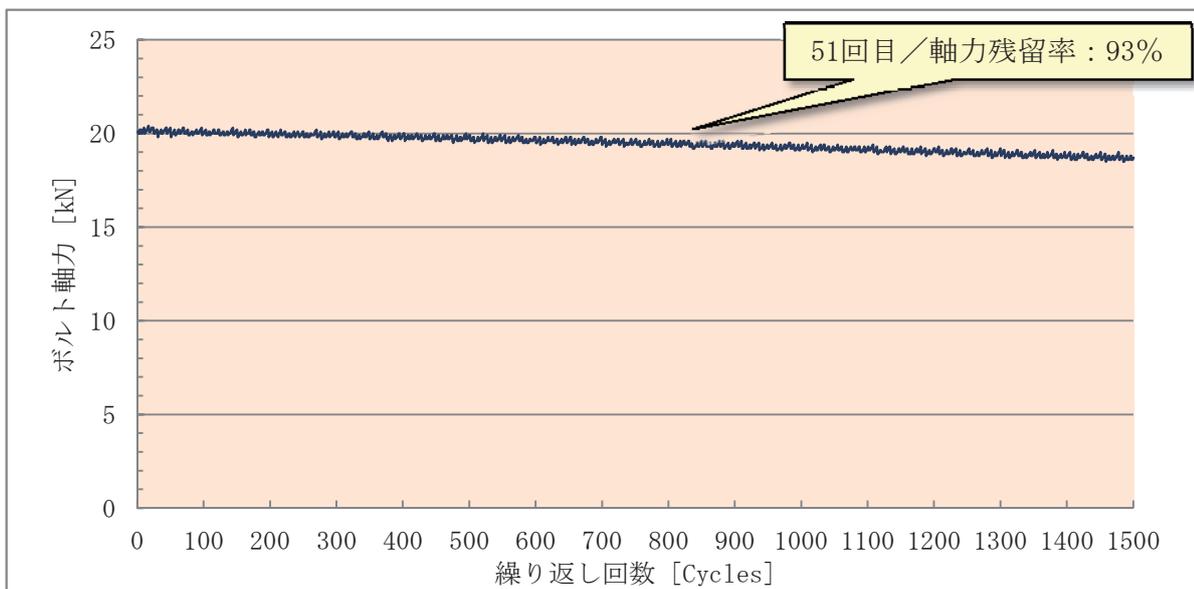
今まで示された繰り返し着脱試験の結果をみると、ハードロックナットは繰り返し使用してもその締付け特性に大きな変化は起こらない事が分かります。

凹ナットを締め付けた際の軸力変化に注目して下さい。凹ナットの締付けでは、軸力の変化はほとんどない事が読みとれます。

41回目締め付け後のユンカー式試験



51回目締め付け後のユンカー式試験





新しい発想が安全を形にする

ハードロック工業株式会社

本社 〒577-0063 東大阪市川俣1丁目6-24 TEL 06-6784-1131代 FAX 06-6784-1161

東京 〒110-0015 東京都台東区東上野2-5-9 TEL 03-3833-1491代 FAX 03-3833-1438

URL : <http://www.hardlock.co.jp/> E-mail : h.office@hardlock.co.jp