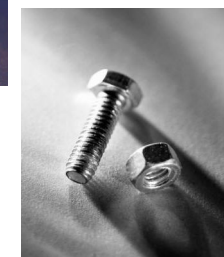


超音波ボルト軸力計

MAX / BOLT-MAX

製品の御案内

1. 超音波ボルト軸力計とは(用途)
2. 軸力とは
3. 測定原理
4. 測定手順
5. トルクと軸力の関係
6. 超音波ボルト軸力計の特徴
7. BOLT-MAX / MAXの特徴



作成日 2006年 6月1日

Rev 2.3 最終更新日 2007年8月1日

1. 超音波ボルト軸力計とは(用途)

超音波ボルト軸力計は、ボルトの締結力を、簡単に、そして非常に正確に測定することが出来る装置です。

超音波ボルト軸力計は、ボルトの締結力を非常に高い精度で測定できる装置です。重要締結箇所での軸力管理や、トルクや角度決定のマスター機としてなど、様々な用途で使用されています。

主な用途

重要箇所の締結力の確認に

化学プラント、航空宇宙、橋梁などでの重要箇所の締結力の管理に使用されています。

トルクや角度の決定に

自動車等の組立業界では、ラインでの締結管理はトルク法や角度法で行なわれていますがこのトルクや角度を、超音波ボルト軸力計で測定した実際の軸力をもとに、決める事ができます。

歪ゲージの代わりに

歪ゲージのようにボルトを全点校正する必要がなく、より少ない時間・金額で、多くのボルトを測定することができます。このため、測定サンプル数を容易に増やすことができ、信頼性の高いテスト・データ収集が可能になります。

また、歪ゲージでは、ボルトを削ることにより、ばね定数が変化してしまう恐れがありますが、超音波ボルト軸力計は、そのような心配がありません。

歪ゲージでは測定困難な、細い径のボルトも測定することも出来ます。

ボルト軸力の経年変化の確認に

軸力の経年変化や、振動・耐久試験などによる、ボルトの軸力変化を測定することが出来ます。

締付実験に

設計・試作における最適軸力の確認・決定に使用することができます。



MAX



BOLT-MAX

2. 軸力とは

軸力とは、締め付けにより引っ張られたボルトが、反発し被締結物を押さえつける力のことです。

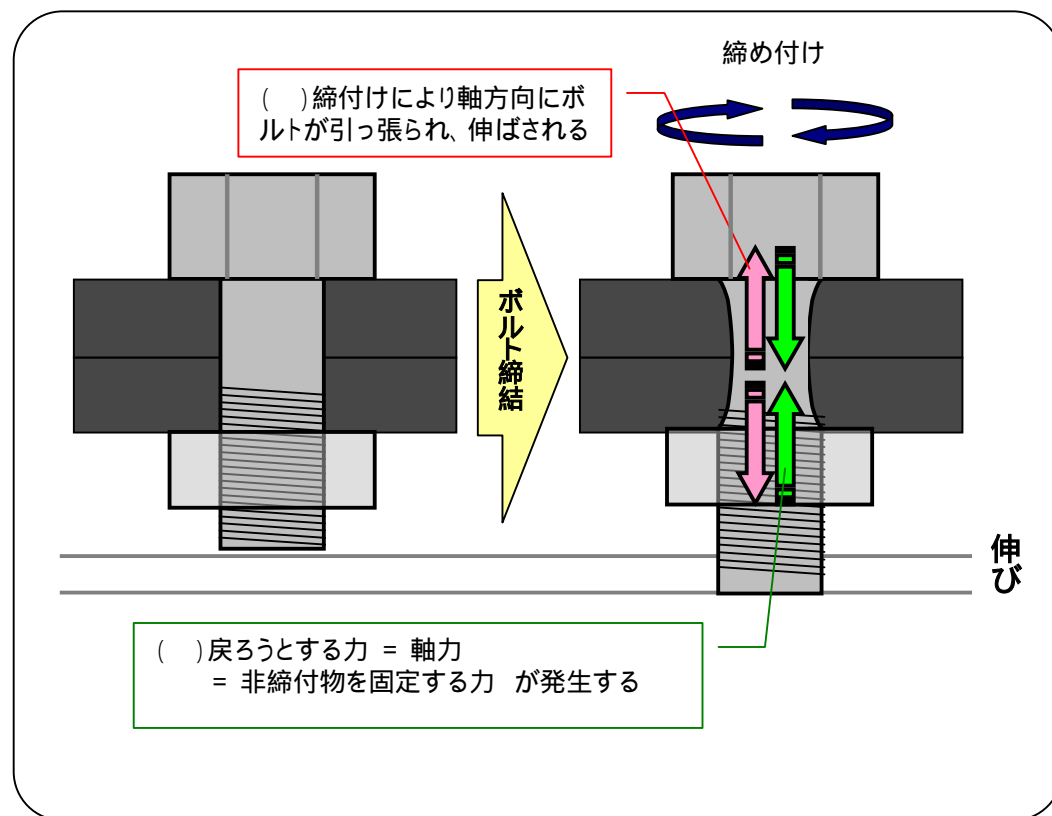
ボルトを締めると、ボルト締め付け部は軸方向に引っ張られ、非常にわずかですが伸びていきます。()

このときボルトには、元に戻ろうとする反発力が発生します。()

この、**元に戻ろうとする力、反発力が軸力**です。

反発力 = 軸力により、被締結物が固定されるのです。

ボルトの締め付け度合いは、軸力値でのみ評価することが出来ます。

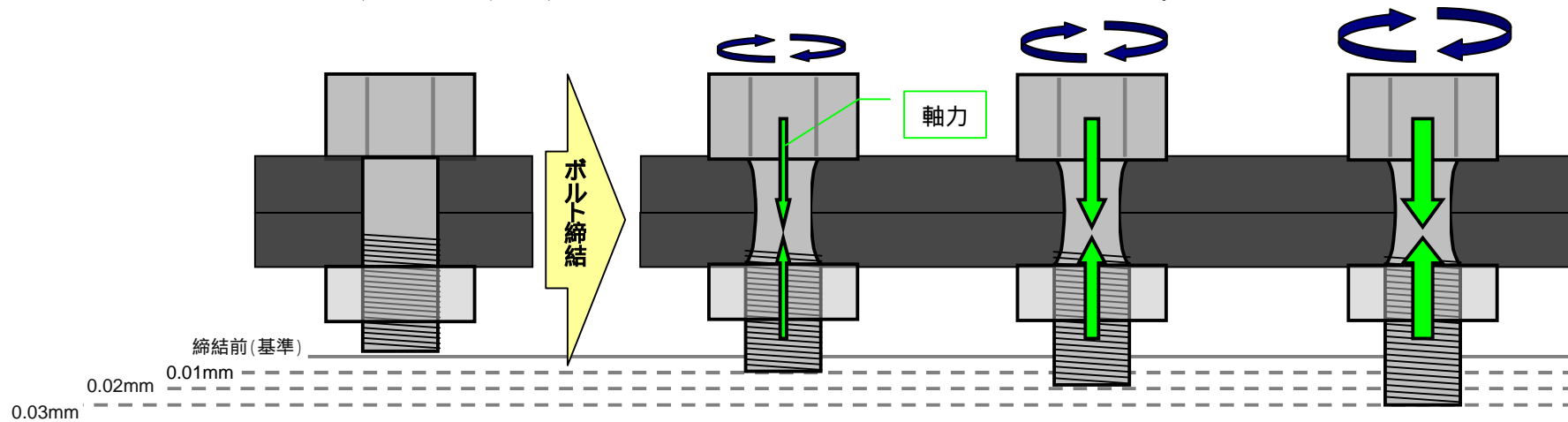


3. 測定原理

ボルトの伸びと、軸力は非常に高い相関関係を持っています。

下の絵は、ボルトの伸びと軸力の関係を描いたものです。
 ボルトの伸びが2倍になれば、軸力も2倍になります。伸びが3倍になれば、軸力も3倍になります。
 ばねを引っ張れば引っ張るほど、元に戻ろうとする力が強くなるのと同様に、**ボルトも伸びれば伸びるほど、元に戻ろうとする力 = 軸力は強くなります。**

ボルト伸びと軸力は、このように、非常にシンプルな関係を持っています。



	締め付け前	締め付け後		
伸び	0.00mm	0.01mm	0.02mm	0.03mm
軸力	0.00KN	1.50KN	3.00KN	4.50KN

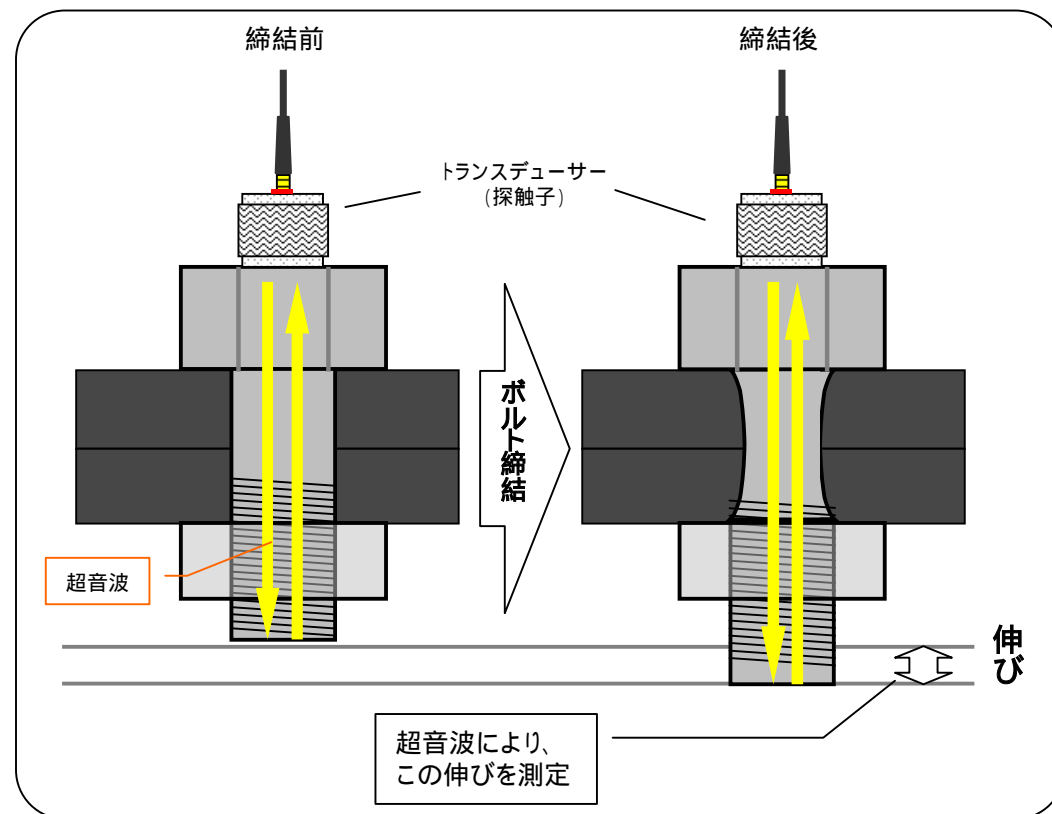
3. 測定原理

超音波ボルト軸力計は、ボルト締結により生じるボルトの伸び = 軸力を直接測定します。

超音波ボルト軸力計は、ボルトの伸び = 軸力を直接測定します。

具体的には、ボルト締付前と、締付後の2回、超音波で長さ(伝播時間)を測定し、それぞれの差より、伸びを算出します。

MAX / BOLT - MAX は、**1 / 1000 mm (0.1 μm)**という非常に高い分解能を有しているため、正確なボルトの伸びを測定します。





4. 測定手順

超音波ボルト軸力計の測定は、校正、測定という手順になります。

1. まず、ボルトの伸びと軸力の関係(ロードファクター)を求めます。

算出方法には、以下の2つの方法があります。

校正	方法1	アムスラー・引張試験機などを用いて、ボルトの伸びと軸力の関係を実際に測定する。	アムスラーなどを用い、ボルトを実際に引っ張りながら、超音波ボルト軸力計でボルトの伸びを測定し、伸びと軸力の関係を求める。正確な軸力を測定することが出来る。 校正には、3本以上のボルトを用意し、各ボルト3点以上の測定を行なう。
	方法2	ボルトの径、弾性係数、締め付け長さなどから、計算でボルトの伸びと軸力の関係を求める。	ボルト径、弾性係数、締め付け長さなどから、計算により、ボルトの伸びと軸力の関係を求める。 簡単に求めることが出来る反面、精度は落ちる。

2. 次に、実際の測定を行ないます。

測定	ボルトの端面にトランスデューサー(探触子)を密着させ、締め付け前のボルトの長さを測定する。 締め付けを行なった後に、再度トランスデューサー(探触子)をボルトに密着させる。軸力が表示される。
----	---

<注意>

ボルトの端面に刻印等の凹凸がある場合、トランスデューサーが端面に密着しないため、測定できない場合があります。また測定できた場合も、誤差が大きくなります。高い精度で測定を行うためには、ボルトの両端面を平坦に加工する必要があります。次の値は推奨値です。

両端面の面粗度: 1.6a (6.3 S) 以下

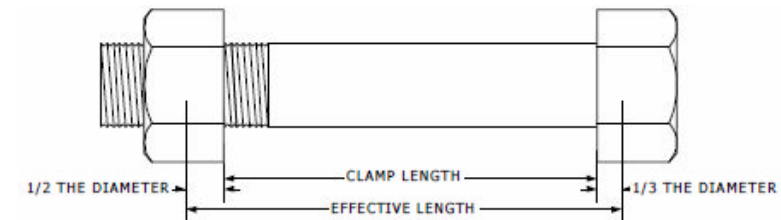
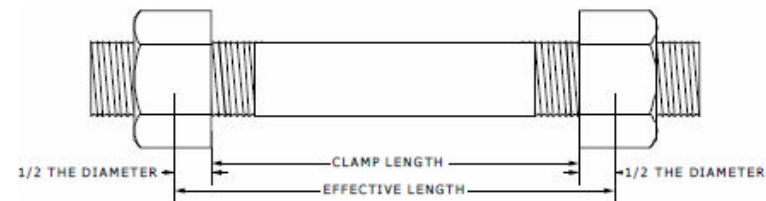
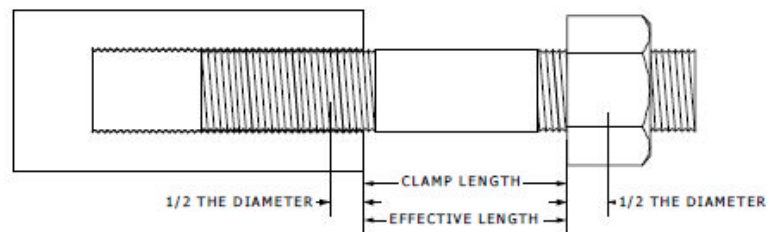
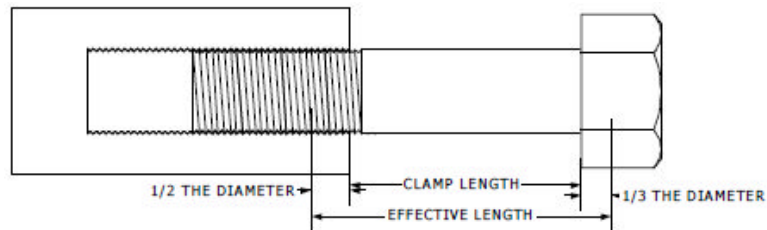
両端面の平行度: 180度 ±1度以内

4. 測定手順(計算によるロードファクターの算出)

ボルトの伸びと軸力の関係は、以下の計算式により算出されます。

$$L_F = \frac{A E}{E_L D} \times 10^{-3}$$

A = ボルトの断面積 (Cross Sectional Area of the Bolt)
 E = 弾性係数 (Modulus of Elasticity)
 E_L = 有効長 (Effective Length)
 L_F = ロードファクター (Load Factor)
 D = ボルト径 (Diameter)



5. トルクと軸力の関係

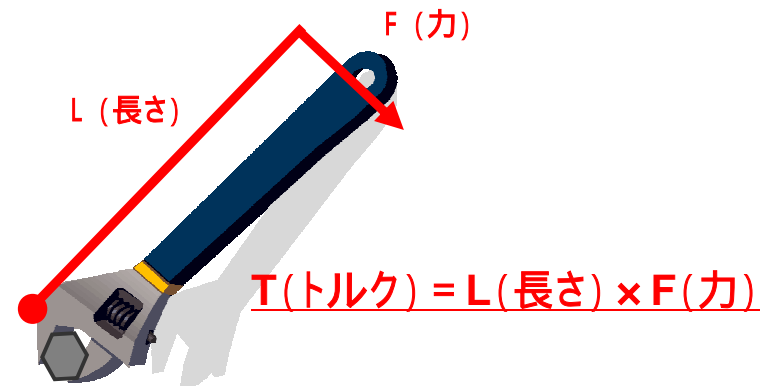
トルクとは、ボルトをまわす力のことです。

トルクとは、ボルトをまわす力のことで、右式で表されます。

トルク管理の特徴は、**ある程度の締め付け精度を犠牲にする代わりに、簡便に締め付け管理ができる点**にあります。

右下の式は、締め付けトルクと軸力の関係を表した式です。

締め付けトルクは、**ターゲットとする軸力値、ボルト諸元、ボルトの摩擦係数**により決定されます。



締め付けトルクの計算式

$$T = F / 2 (\mu_s / \cos \theta \cdot d_2 + P / \pi + d_w \cdot \mu_w)$$

T	: 締め付けトルク	d ₂	: ボルト有効径
F	: 軸力	P	: ねじピッチ
μ _s	: ねじ面摩擦係数	d _w	: 座面の等価摩擦直径
θ	: ねじ山半角	μ _w	: 座面摩擦係数

5. トルクと軸力の関係

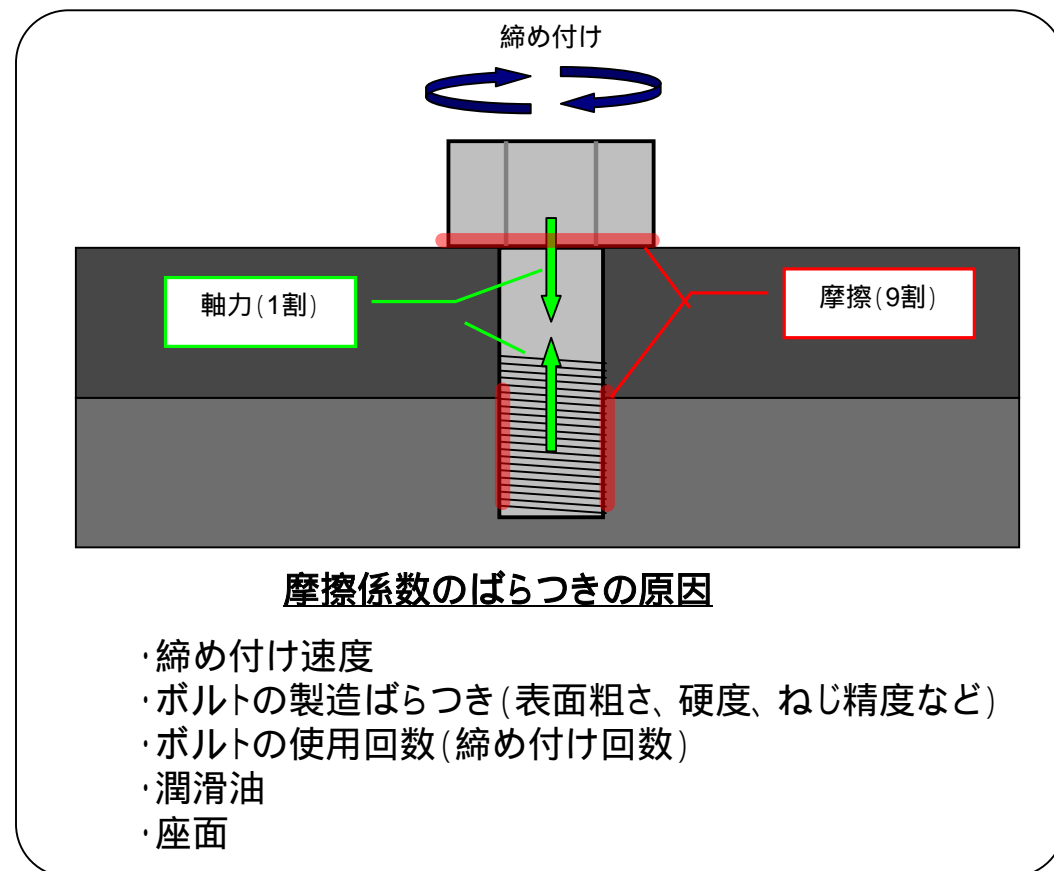
トルクの精度をどれだけ上げても、軸力のばらつきは無くなりません。

トルクの精度をどれだけ上げても、軸力のばらつきはなくなりません。その理由は、摩擦係数です。

締め付けトルクのうち、9割程度は摩擦により吸収され、実際の軸力となるのは、残りの1割程度です。

しかも、この摩擦係数は、一定ではありません。このため、**トルクの精度をどれだけ上げても、得られる軸力は摩擦次第となり、ばらつきを無くすことは出来ません。**

摩擦係数により、トルクでの締結には、 $\pm 20\% \sim 30\%$ のばらつきが発生すると言われています。



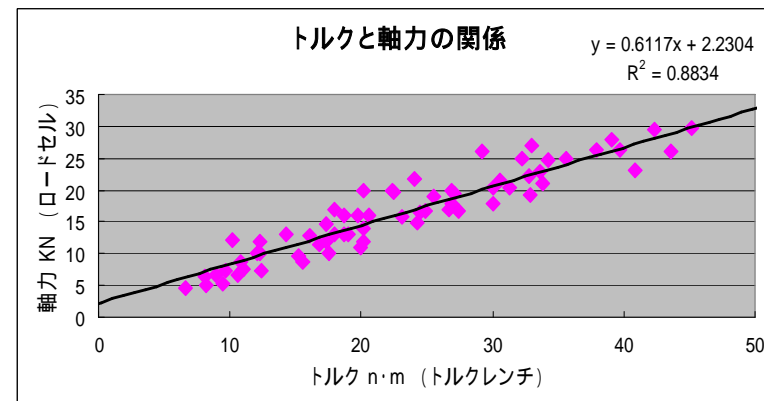
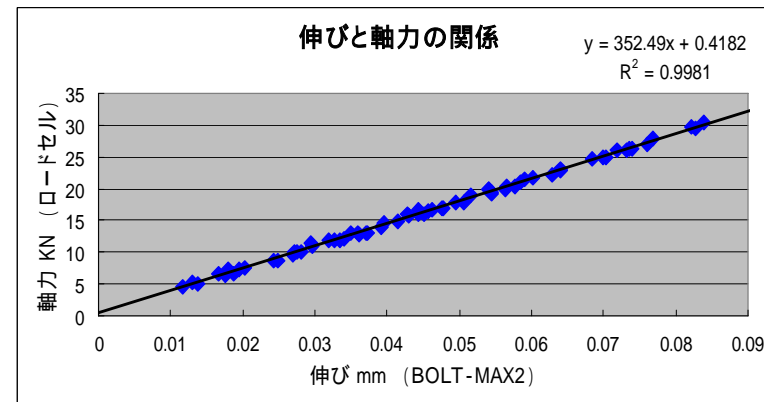


5.トルクと軸力の関係 (実験データ)

トルクの精度をどれだけ上げても、軸力のばらつきは無くなりません。

右のグラフは、BOLT MAX (ボルトの伸び)とトルクレンチ(トルク)のばらつきをロードセル(荷重計)によって調べたものです。

超音波ボルト軸力計のばらつきは、非常に小さいことが分かります。
対して、トルクレンチはやや大きなバラツキが発生している様子が分かります。



実施日：2007年5月18日
実施者：勝又 正善 / 大高 拓也
実施場所：ダコタ・ジャパン(株) 田無製作所
温度：22.3

ボルト：M12(径) × 110mm(ボルト長)
トルクレンチ：デジタル表示式トルクレンチ
超音波ボルト軸力計：BOLT-MAX
ロードセル：東京測器社製 CLC-10A

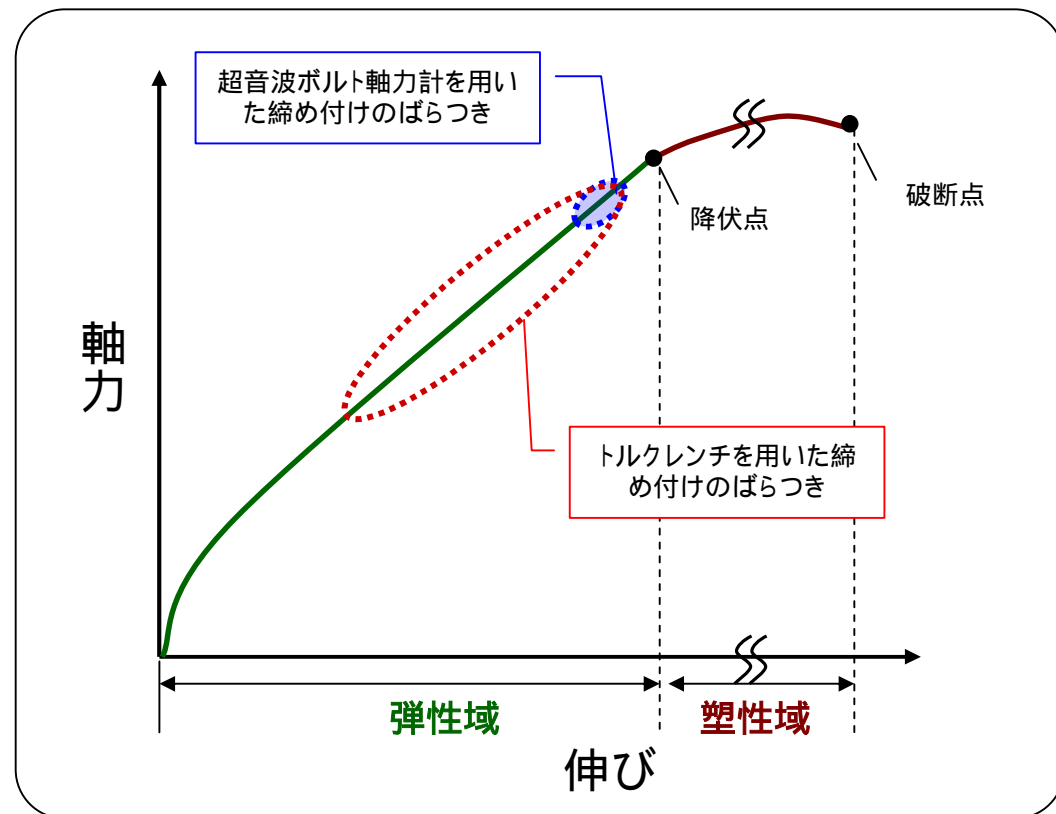
6. 超音波ボルト軸力計の特徴

超音波を利用してボルトの伸びから軸力を求める軸力測定方法が、最も精度が高くばらつきが少ない方法です。

締め付け管理方法には、トルク法や、角度法、トルク勾配法など、様々なものがありますが、**目的はすべて、軸力を得るという一点にあります。**

超音波ボルト軸力計は、この**軸力を非常に高い精度で直接測定することが出来る機器です。**

バラツキが非常に小さいため、右図のように、降伏点に非常に近い箇所、降伏点の90～95%という弾性域内限界で締め付けを行うことが出来ます。



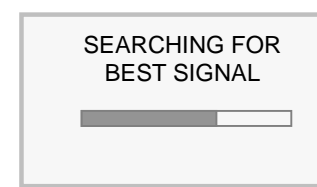
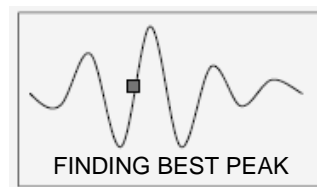
7. BOLT-MAX / MAXの特徴

独自の波形認識技術を搭載

従来の超音波ボルト軸力計は、高い精度をうたいながらも、限られた条件でしかその性能を発揮することが出来ず、実際の測定では大きな測定誤差(ピークジャンプ)が生じやすい製品でした。

MAX / BOLT-MAX では、この弱点を克服するために開発された最新の波形認識技術が搭載されています。この技術により、超音波の最適波形を自動処理にて検知・制御することが可能になり、従来機に比べ測定精度・信頼性を大幅に高めることに成功しました。

BOLT-MAX / MAXは、従来の超音波ボルト軸力計とは一線を画す、軸力測定の新しい可能性を切り開く、革新的な製品です。





7. BOLT-MAX / MAXの特徴 (仕様)

		MAX	BOLT-MAX
基本情報	寸法	216W × 165H × 51D (mm)	63.5W × 165H × 31.5Dmm
	重量	1.8Kg	385g
	ディスプレイ	LCD 128 × 64ピクセル	LCD 240 × 160ピクセル
	電源	乾電池(単2 × 4本)、ACアダプタ	乾電池(単3 × 3本)
	シリアルインターフェース	RS-232	RS-232
	アナログ出力		×
測定	測定	Elong / Load	Elong / Stress / Load / Time / Strain %
	測定範囲	全長: 15mm ~ 6000mm, 径: M5以上	全長: 12mm ~ 2440mm, 径: M5以上
	測定方式	ピッチキャッチ / パルスエコー	パルスエコー
	測定周波数	1.0/2.25/5.0/7.75/10.0MHz(固定)	1.0 ~ 10.0MHz(可変)
	測定単位(荷重)	Kg/mm, KN/mm, POUND/inches	KN/mm, POUND/inches
	トーンバースト		
	オートゲイン		
	分解能	分解能(伸長)	0.0001mm
分解能(荷重)		0.001KN / 1KG	0.01KN
特徴	温度補正	自動 or マニュアル or 両用	自動 or マニュアル or 両用
	アラームモード	×	
	波形		RF波形/ 正半波整流/ 負半波整流
	マテリアルリスト	×	
その他	測定データ数	4000本、20000データ(波形データ無し)	8000データ(波形データ含む)
	データ入力	ナンバー及びアルファベット	ナンバー及びアルファベット
	オートマッチック ウエイブフォーム		
[用語の説明]			
ピッチキャッチ		超音波の送信・受信をそれぞれ別のセンサーで行う方式 長物の測定時に有効	
パルスエコー		超音波の送信・受信を1つの(同一の)センサーで行う方式	
トーンバースト		超音波の送信エネルギーをコントロールする技術 長物の測定やノイズの多い材質に有効	
マテリアルリスト		リストよりボルト材質を選択することにより、音速、ソニックストレスファクター、温度補正係数が自動で設定される	
オートマッチック ウエイブフォーム		超音波信号の最適波形を選別する処理	