

推奨トルク

下の表に示すのは、ARPの大方のねじの推奨トルクである。この推奨トルクはねじの降伏強度の75%になるようになっている。単純にまずは左端の列から正しいねじサイズを選び、今度は横方向にあてはまるものを探せばよい。正確なトルクをかけるために常にねじを締め付ける前に潤滑剤を塗布すること。

注意:この表の数値は一般的な推奨トルクであって、各々のアプリケーションに対応しているわけではない。したがって場合によっては、推奨されたトルクの値がこの表と違う場合もあるかもしれないが、その場合にはそのアプリケーション用として特に推奨された値を用いるよう注意していただきたい。

推奨トルク

(ARP Lubricants・潤滑剤を使うこと-トルク (ft./lbs.) - 締め付け荷重 (lbs.)

注: 表のトルク値の単位はft-lbsなのでNmに換算するには1.356をかければよい。

注: 更にNmをKgmに換算するには0.098を乗算して下さい。

ねじサイズ	ねじの引っ張り強度 (PSI)					
	180,000 1240 N/mm2		190,000 1310 N/mm2		220,000 1520 N/mm2	
	トルク ARP lube (ft./lbs.)	締め付け荷重 (lbs.)	トルク ARP lube (ft./lbs.)	締め付け荷重 (lbs.)	トルク ARP lube (ft./lbs.)	締め付け荷重 (lbs.)
1/4"	12	3,492	14	3,967	16	4,442
5/16"	24	5,805	28	6,588	32	7,371
3/8"	45	8,622	50	9,782	55	10,942
7/16"	70	11,880	80	13,470	90	15,060
1/2"	110	16,391	125	18,515	140	20,639
9/16"	160	21,220	180	23,944	200	26,668
5/8"	210	26,372	240	29,756	270	33,140
M6	11	3,359	13	3,814	15	4,269
M8	24	5,801	28	6,581	32	7,361
M10	54	9,970	62	11,305	70	12,640
M11	72	12,184	82	13,961	92	15,738
M12	98	14,472	112	16,949	125	19,425
M14	N/A	N/A	184	22,771	205	25,730
M16	N/A	N/A	244	29,664	272	33,519

コンロッドボルトの伸びとトルク不值

メーカー	ロッドボルト 部品番号	伸び (in.)	ARP Ultra- Torque*
FORD (cont.)	251-6402	.0065 - .0070	45
	254-6402	.0070 - .0075	30
	254-6403	.0070 - .0075	55
	255-6402	.0070 - .0075	55
	256-6301	.0065 - .0070	42
HOLDEN	205-6001	.0055 - .0060	55
	205-6002	.0055 - .0060	45
	205-6003	.0050 - .0055	26
HONDA/ACURA	208-6001	.0050 - .0055	26
	208-6002	.0055 - .0060	45
	208-6003	.0080 - .0085	50
	208-6004	.0080 - .0085	37
	208-6005	.0080 - .0085	26
	208-6301	.0055 - .0060	14
208-6401	.0070 - .0075	50	
JEEP	146-6001	.0065 - .0070	45
LANCIA	275-6001	.0075 - .0080	70
MAZDA	118-6401	.0060 - .0065	38
MITSUBISHI	107-6001	.0055 - .0060	40
	107-6002	.0060 - .0065	26
	107-6003	.0065 - .0070	40
	107-6004	.0065 - .0070	40
	207-6002	.0065 - .0070	30
	NISSAN/DATSUN	102-6001	.0060 - .0065
102-6002		.0050 - .0055	26
102-6003		.0060 - .0065	45
202-6001		.0060 - .0065	45
202-6002		.0060 - .0065	26
202-6003		.0060 - .0065	45
202-6004		.0070 - .0075	45
202-6005		.0065 - .0070	45
202-6006		.0065 - .0070	30
202-6007		.0075 - .0080	45
202-6008		.0070 - .0075	45
202-6101	.0090 - .0095	60	
OLDSMOBILE	181-6001	.0055 - .0060	40
	184-6001	.0060 - .0065	50
	185-6001	.0055 - .0060	50
OPEL/VAUXHALL	109-6001	.0055 - .0060	32
	109-6002	.0050 - .0055	24
	109-6003	.0050 - .0055	32
	209-6003	.0065 - .0070	38
PEUGEOT	117-6101	.0070 - .0075	45
PONTIAC	190-6001	.0060 - .0065	50
	190-6002	.0060 - .0065	50
	190-6003	.0075 - .0080	75
	190-6004	.0055 - .0060	75
	191-6001	.0055 - .0060	45
	194-6001	.0055 - .0060	45
PORSCHE	104-6006	.0055 - .0060	40
	204-6001	.0095 - .0100	50
	204-6002	.0105 - .0110	55
	204-6003	.0090 - .0095	50
	204-6004	.0095 - .0100	50
	204-6005	.0100 - .0105	40

メーカー	ロッドボルト 部品番号	伸び (in.)	ARP Ultra- Torque*
PORSCHE	204-6301	.0095 - .0100	45
RENAULT	116-6001	.0045 - .0050	36
	216-6301	.0065 - .0070	42
	216-6302	.0065 - .0070	42
SEA-DOO	168-6001	.0070 - .0075	60
SUBARU	260-6301	.0070 - .0075	42
	260-6302	.0070 - .0075	42
	260-6303	.0065 - .0070	60
SUZUKI	271-6301	.0050 - .0055	45
TOYOTA	203-6001	.0050 - .0055	40
	203-6002	.0060 - .0065	50
	203-6003	.0050 - .0055	40
	203-6004	.0060 - .0065	50
	203-6005	.0075 - .0080	65
	203-6301	.0075 - .0080	65
	203-6302	.0065 - .0070	60
VOLVO	219-6201	.0085 - .0090	50
VOLKSWAGEN / AUDI	104-6001	.0055 - .0060	40
	104-6002	.0065 - .0070	40
	104-6003	.0075 - .0080	40
	104-6004	.0085 - .0090	35
	104-6005	.0050 - .0055	40
	104-6007	.0085 - .0090	35
	204-6006	.0075 - .0080	40
	204-6201	.0075 - .0080	30
	204-6302	.0070 - .0075	30
GENERAL REPLACEMENT	200-6002	.0055 - .0060	75
	200-6003	.0055 - .0060	75
	200-6004	.0045 - .0050	75
	200-6006	.0050 - .0055	75
	200-6201	.0065 - .0070	80
	200-6202	.0065 - .0070	80
	200-6203	.0065 - .0070	80
	200-6204	.0065 - .0070	80
	200-6205	.0065 - .0070	80
	200-6206	.0065 - .0070	75
	200-6207	.0055 - .0060	55
	200-6208	.0065 - .0070	55
	200-6209	.0055 - .0060	55
	200-6210	.0050 - .0055	30
	200-6506	.0065 - .0070	70
	300-6601	.0065 - .0070	85
	300-6602	.0055 - .0060	55
	300-6603	.0055 - .0060	55
	300-6608	.0055 - .0060	32
	300-6609	.0045 - .0050	15
	300-6701	.0065 - .0070	85
	300-6702	.0065 - .0070	60
	300-6703	.0065 - .0070	60
	300-6704	.0060 - .0065	60
	300-6706	.0060 - .0065	75
	300-6708	.0055 - .0060	32
	300-6709	.0050 - .0055	15

*Torque は ft-lbs.



正しいねじの締め付け方

ねじを適正な締め付け力で締めるということの重要性はいくら言っても言い過ぎとはならないくらいのものである。もし十分締め付けられていなければ、その使用目的に合った締め付け荷重をその部位にかけることができず、ゆるんで破損に至るかもしれない。また逆に締めすぎると伸ばされ過ぎて降伏点を超えてしまってやはり破損しやすくなる。

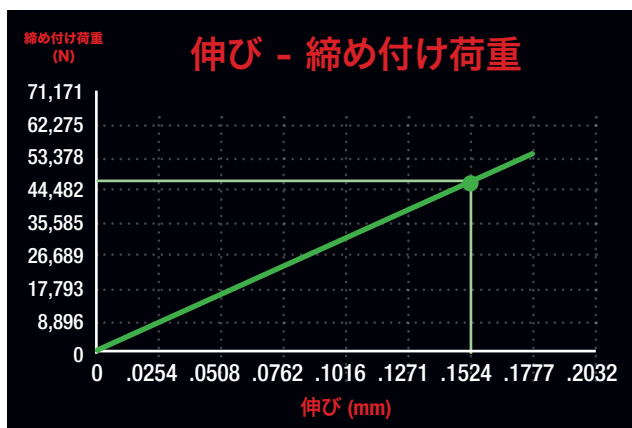
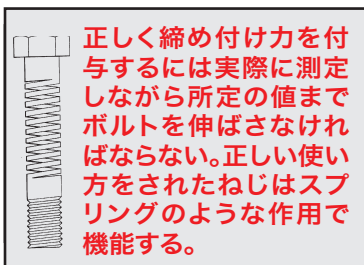
どの位の軸力をねじにかけているかを見るのに一般的に次の三つの方法がある。

- A. トルクレンチを使う方法
- B. ねじの伸びを測定する方法
- C. 締め付け角度法

この三つの方法の中では、ねじの伸びを測定する方法が最も正確である。しかし、伸びは特殊なゲージを使うが高価な超音波測定器を使わないと測れないので、締め付けている間にもねじの全長をモニターしていただけるようなコンロッドボルトのようなねじに限ってこの方法は現実的な話となる。つまりほとんどの場合、ねじは貫通していない穴に締め込まれるのでねじの両端が見えず、ねじの長さが測れないので、組立作業にはトルクレンチを使うか、なにか締め付け角度をコントロールできる道具を使って締めるしかなくなるのである。

伸びに関する要因

ねじをうまく機能させるにはねじを伸ばしてやる必要がある。その材料があたかもばねのように戻ろうとする力が締め付け力を作り出すからだ。もしボルトを単に手で締めただけでは締め付け力は発生しない。しかしそれにトルクをかける、或いはある量そのねじを回転させて伸ばしてやればそれで締め付け力を発生させていることになるのである。どのくらいの締め付け力をそのボルトやスタッドに発生させることができるかは、使われている材料、その材料の延性、熱処理、ねじの径などによって決まる。そしてもちろんどのねじにも降伏点がある。降伏点、あるいは降伏強度とは、ねじで言えば、締めすぎたり伸ばしすぎたりして元の作られたときの長さに戻らなくなってしまうような限界点のことを言う。大雑把に言って、もしねじが新品時より25ミクロン以上伸びてしまった場合、破壊が起こっているので交換しなければならない。



このグラフは8740クロモリで出来た3/8インチ径のコンロッドボルトの伸びと締め付け荷重の関係を表している。

もうひとつの考慮しておかねばならない要因は熱である。特にアルミは鉄と比べて遙かに熱膨張率が高いので、熱がかかってアルミの部分が膨張したときにそこで使われている鉄のねじを降伏点以上に伸ばしてしまうということが起きるのである。これに対応するにはより伸びやすい柔軟なボルトを作ればよいのである。

伸びゲージを使う方法

コンロッドボルトを初めとする重要なねじは、その長さを測定できる場合には伸びで締め付け力の管理をすることを強く推奨したい。それが最も正確な軸力管理の方法であるからである。単純にメーカーの取扱説明書に従えばよいし、もしARPのボルトであれば、このカタログの25～26ページの表を適用すればそれでよい。締め付け前にボルトの全長を測定して、締め付けをしながら長さを測定する。そしてボルトの伸びが所定の値になったときに正しい締め付け力、つまり軸力が作用しているのである。毎回の締め付け前後のボルト長さを記録して保管しておく

伸びゲージはコンロッドボルトの軸力測定にベストである。



長さより0.025mm以上緩めたときの長さが新品時の長くなっていたらそれは変形が起きているので交換しなければならない。コンロッドボルトの伸び管理表の一例を29ページに示す。

トルクレンチを使う方法

トルクレンチを使うに当たってはいくつもの考慮に入れておくべき事がある。摩擦係数は取付取り外し毎に変化する。つまり、そのねじが初めて締められるときに最も摩擦が大きく、その後は締め付けそして分解の度に摩擦は小さくなっていく。そしてやがては落ち着いてきてそれ以降はほぼ一定値になる。



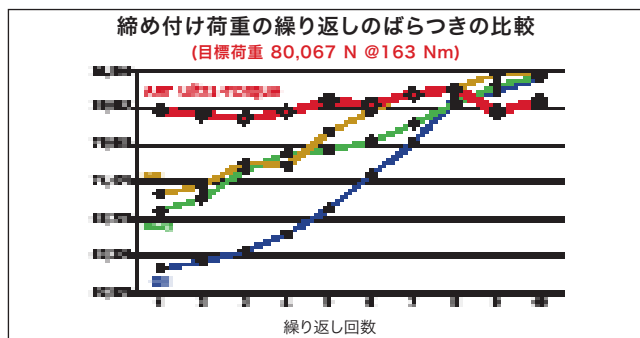
摩擦係数の変化に影響を及ぼす三つの基本要因は、

1. ねじの締め付け用潤滑剤 - これが最も重要
2. 雌ねじのコンディション
3. ねじの面粗度

これらの変動要因のために締め付け力のばらつき或いは誤差と呼ばれる現象が起こる。これは基本的には、そのねじを最初に締め付けたときの締め付け力と、その後に繰り返される締め付ける、緩めるという作業を行ったときのそれぞれの締め付け力との差である。使う潤滑剤にも依るが、新品時に最初に締め付けた時と10回目の締め付け時の間の締め付け力のばらつきが18kN～35kNのようになることも珍しくはない。

潤滑剤がキーポイント

ねじの摩擦を決定する最も重要な要素はそこに使われる潤滑剤であり、したがってその組み付け時に必要なトルクに大きな影響を及ぼす。ねじの締め付けに使われる潤滑剤を選ぶときに最も見逃されやすい事柄のひとつは、高性能エンジンのファスナーに於ける当然の機能としての摩擦を“コントロールする”性能である。この章の前の方で述べたが、新品のねじを最初に締めるときが最も摩擦が大きい。この摩擦が、最初の何回かの締めたり緩めたりサイクルでねじが適正な締め付け力を発揮するのを妨げるのである。実際、ARPの研究開発部門では、新品のねじにエンジンオイルやよく使われるモリブデンや極圧グリースを使った場合、初期のねじ面の摩擦が落ち着いて必要な軸力を出せるようになるまでに5~7回の締め付け緩めのサイクルを繰り返さなければならないことが実証された。滑りを良くするための潤滑剤を使えば必要な締め付け力を出すのに20~30%も締め付けトルクを減らすことが出来るかもしれないが、非常に重要な部分である締め付け力の再現性があるそかになったり、締まりすぎてねじを降伏させてしまうかもしれない。普通、潤滑剤の低摩擦性が高くなるほど締め付け力のばらつき或いは誤差は大きくなる。



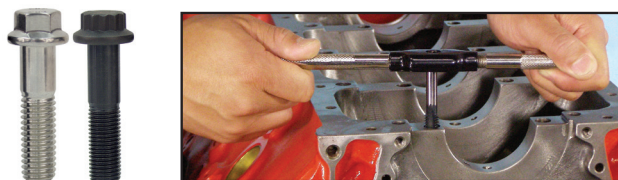
要は、締め付け荷重の再現性と、ねじの間での締め付け荷重の安定性がねじの潤滑剤を選ぶ上で最も大切なのである。肝に銘じておかななくてはならないのは、どんなによいねじでも所詮締め付け方次第なのだ。そして荷重の再現性はボアの真円度を保つ基本であり、荷重のばらつきの小ささはブロックのデッキ面などのような広い面での均等な締め付け荷重分布を可能とするのである。この二つの基本事項が正しく締め付けが行われるための要であり、またそれがARPの技術チームが究極のねじ潤滑剤を開発することになった理由なのである。そして数年に亘る研究開発の結果生み出されたのが、この驚くべきねじ潤滑剤、ARP Ultra-Torque®である。上のグラフからわかるように、ARP Ultra-Torque®は明らかに今日一般に得られるねじ潤滑剤では得られない優れた再現性と、荷重の安定性を提供できるのである。詳細は105ページを参照されたい。



ARP's computer-controlled torque-tension machine can apply a given "torque" or "angle" to a fastener and measure the actual preload. Through test cycles, it is possible to chart the "preload scatter" with various fasteners and lubricants.

面粗度とめねじの状態

潤滑剤だけでなくねじの面粗度やめねじの状態にも摩擦力は影響を受ける。例えば、黒色酸化皮膜は磨き仕上



げとは違う挙動を示すのでそれぞれのねじのキットの推奨トルクを守ることが大切である。そしてバリとかねじ穴の中に残っている切粉などが必要な締め付け力を付与するためにかけるトルクに大きく影響するというような実際に非常によく起こる問題などもある。ねじ穴は全てチェーサー・タップを使ってきれいにし、組む前に最適な状態にしておかねばならない。ARPではこのスペシャル・チェーサー・タップを用意している。詳しくは107ページを参照されたい。

トルクレンチの精度

非常に高価なトルクレンチでも使っていくうちに精度は落ちていくものである。荒い使い方やトルクレンチをスピナー・ハンドルのような使い方をしてねじを緩めたりするのを繰り返しているとなおさらである。実際、ARPのサービス・テクニシャンは15~30%にも及ぶトルクレンチの誤差に遭遇することもある。こういう事実はトルクレンチを大切に扱い、定期的に精度チェックを行うことの大切さを再認識させてくれるものである。



締め付け角度法

ボルト・ナットの回転数或いは回転角度によって締め込まれる量はねじのピッチによって決まるので、ねじの伸びは座面が締め付け面に密着してからの締め付け角度を測定することによって正確に予測できるように見える。これは「角度法」と呼ばれ、土木業界では長い間用いられている方法である。実際のボルトの伸びが測定できないような場合には比較的簡単で有効な伸び管理の方法である。

ARPではこの角度法の有効性を広範囲にわたって評価してきたが、レース用等の私達が使っているような用途では、それぞれの場合毎に伸びと角度の相関がとれてよくわかっているような場合のみに使える方法であるという結論に至っている。

ARPでの研究から実際の伸び量はねじピッチや回転角だけに影響されるものではなく、締め付けられる部品の圧縮の歪み量、潤滑剤の種類、ボルトの長さ、ねじのかかり長さ等も影響を与えるということがわかっている。例えば、同じ締め付け角で締めても、アルミのヘッドと鋳鉄のヘッドを締める時、また鉄のメイン・キャップを鋳鉄ブロックとアルミ・ブロックに締めつける場合では決定的に違うのである。さらに例え同じヘッドの締め付けでも長いボルトやスタッドと短いものでも大きな違いが出てくる。このように角度法は正確な方法にもなり得るのであるが、それは個々の場合に於いて事前に伸びの測定をして角度との関連が正確にわかっている場合のみなのである。角度法を用いる場合には、ねじと座面が接触した瞬間よりも、例えば10Nm程度以下の小さいトルクをかけてそこから角度で締め付けるといった方法を採用の方が良い。また正確な締め付けをするには可能な限り常にねじの締め付け用潤滑剤、ARP Ultra-Torque®を用いるのがよい。

コンロッドボルトの正しい伸び、トルクの必要性について

伸びで管理しようがトルク管理であるうが、コンロッドボルトをトラブルフリーに維持したければ、正しい締め付け荷重をかけておくことは非常に重要である。もしボルトに十分な締め付け荷重がかかっていなければ、クランクの1回転ごとにコンロッドとコンロッド・キャップが離れてボルトに余分な伸びを生じさせることになる。そして毎回回転ごとに荷重が消えた時に伸びは戻る。この伸びたり戻ったりサイクルが繰り返されて、時間がたてばボルトは疲労し壊れることとなる。ちょうどクリップを手で曲げたり伸ばしたりしているとちぎれるのと同じである。これを防ぐにはボルトの初期荷重(締め付け力)はエンジンの回転によって発生する力よりも大きくなくてはならない。

正しく締められたボルトは初期荷重による伸びを維持するのでコンロッドに回転毎にかかる荷重によって動かされることなく何年も壊れずに機能するのである。つまり大切なのはエンジンの運転時の荷重よりも大きい荷重をかけることによって疲労による破壊を防ぐことである。推奨値通りに締めてボルトを守ることである。

伸びゲージ、或いはマイクロメーターでも良いのだが、それを使えばコンロッドボルトの状態を簡単に把握することが出来る。ロッドを組み付ける前にボルトに力がかかっていない状態で長さを測る。それを書き留める。きちっとデータを保存しておくためにこのページの下に示すような表を作ってもよい。メンテナンスのためにエンジンを分解したときにまたボルトの長さを測定する、順番を間違えないように注意しながら。もしいずれかのロッド・ボルトが伸びていたら、そしてそれが0.025mmよりも多ければその場でそのボルトを交換しなければならない。永久伸びはそのボルトがおかしくなっていて降伏点を越えたということを確実に表す症状である。

他のボルトで締結されている合わせ部は、締め付けに際してそれほどの注意を要するわけではない。例えば、フライホイール・ボルトは運転中に単に緩まないだけの力で締めてあればよい。フライホイールの荷重はシャフト・ピンかボルトの横方向の荷重としてかかるだけであり、引っ張りの繰り返し荷重としてかかるわけではない。これに対しコンロッドボルトはエンジンの運転による引っ張り荷重を受けるので繰り返しの伸びから守ってやらなければならない。そういう理由でコンロッドボルトを正しく締めるということはこも大切なのである。伸びとトルクの推奨値は25-26ページを参照されたい。

摩擦は大きな問題である。というのは変化するからである。そして一般に出回っている潤滑剤のほとんどでは摩擦をコントロールするという事は非常に難しい。この摩擦という落とし穴や、違う潤滑剤を使うことによっていろいろ変わってくるということを守るには、伸び管理をするのがベストである。そうすることによって摩擦の変化は関係なくなってくるし、ボルトの伸びそのものを測ることにより締め付け荷重を直接コントロールできるのである。新しいボルトは締め付け、緩めを行う毎に摩擦係数が小さくなっていく。そして最後には横這い状態となり、以降繰り返しても摩擦は一定となる。そしてそれは新品のボルトは伸び管理法が使えないときには、最終締め付けをする前に何度か締め付け、緩めを繰り返して馴染ませる必要があるということである。何度繰り返せばよいかは潤滑剤による。ほとんどの潤滑剤は最終締め付けをする前に一定にするために5回か6回の締め付け、緩めのサイクルを繰り返さねばならない。しかし、ARPの新しい締め付け用潤滑剤、Ultra-Torque®の発売は、この新しいボルトを馴染ませるという作業を「過去の遺物」にしてしまったのである。このARP Ultra-Torque®の詳細は105ページをご覧ください。



コンロッドボルトの伸びゲージは、シリアスなエンジン・ビルダーの持っている工具の中でも最も大切なもののひとつである。これはロッドのサイズを変えたりするときやエンジンに組み込むときのトルクを設定するときなどに、また、まだ使用中でもボルトの状態を把握するのに重宝する。

ロッドボルト長さ記録表

ROD #1 爪側	ROD #2 爪側	ROD #3 爪側	ROD #4 爪側
新品時長さ _____	新品時長さ _____	新品時長さ _____	新品時長さ _____
締め付け後長さ _____	I締め付け後長さ _____	締め付け後長さ _____	締め付け後長さ _____
分解時長さ _____	分解時長さ _____	分解時長さ _____	分解時長さ _____
ROD #1 爪なし側	ROD #2 爪なし側	ROD #3 爪なし側	ROD #4 爪なし側
新品時長さ _____	新品時長さ _____	新品時長さ _____	新品時長さ _____
締め付け後長さ _____	I締め付け後長さ _____	締め付け後長さ _____	締め付け後長さ _____
分解時長さ _____	分解時長さ _____	分解時長さ _____	分解時長さ _____

800-826-3045

