

ツール/プロセス – テストストラトジー：

国と国、企業と企業により、これらのストラトジーは大きく異なります。ドイツ自動車産業で永年使用されてきた一つのガイドラインとして VDI/VDE2647 - (そしてそれはドイツ自動車メーカーの締め付けスペシャリストと自動車部品メーカーのスペシャリストによる長い期間に蓄積された経験と実績により、トルクあるいはトルク/アングルによる工具試験法)があります。このガイドラインがヨーロッパやアメリカの自動車産業で主流になっています。

適用される範囲は、0.5 ~ 1,000 Nm、ナットランナー（電気と空圧モーター）とダイアルレンチ試験に適用され、インパクトやインパルス工具、ストールタイプやクリックレンチの試験には適用されません。

締め付け部位のカテゴリーから推奨されている回転工具の試験インターバルは、

カテゴリー A に使用される工具は 2 回 / 月（プロセス計測）
カテゴリー B に使用される工具は 1 回 / 月（プロセス計測）
カテゴリー C に使用される工具は 1 回 / 2 ヶ月（プロセス計測）

試験インターバルを決定するための、もう一方の重要な要素は工具のタイプです。センサー内蔵の電子/空圧コントロールタイプの工具であれば、その試験インターバルは、1 回 / 年で良しとされていますが、他方、インパルスタイプの工具であれば、その試験インターバルは 1 回 / 日であるとされています。

ドイツの自動車メーカーでは、インパルスツールはまったく使用されていません。ただ、トラック製造メーカーで一部のジョイントに使用されているだけです。そして、その使用についても、インパルスツールは予備締め付けに使用されて最終の締め付けにはトルク/レンチ、あるいはクリック - レンチで設定トルクに締め付けられています。インパルスツールの使用割合も 30 ~ 40% 程度です。このタイプの工具の問題点は、締め付け結果をセンサーで信頼できる計測ができない点にあります。そのため試験インターバルは 1 回 / 日を通常要求されています。最近では、パルス数をチェックする、あるいは最終の 8 パルスより前にコントローラーで停止させるタイプなどが市場に出回り始めています。

どの工具にでも、問題が発生したならばできるだけ早く発見しなければ、製品の車に不良が発生させ、この発見が遅れば遅れるほど、莫大な数の車にこの不具合に対応した処理をしなければならなくなることを、自動車メーカーでは理解されています。

それ故、ドイツの自動車メーカーでは工具に対する試験インターバルは「できるだけ短く」することに非常に高い価値を置いています。

自動車メーカーの工具試験は、KIC テスト 2 回 / 日、各セクション毎に、有効な試験を 1 回 / シフトを義務付けています。

“Operation test”（プロセス計測）を考察すると、トルク/アングルレンチを使用すべきことが増々理解できるようになります。この工具で締め付けられたジョイントをチェックすることは、このレンチに内蔵されたソフトウェアで現在の組み付けトルクが判定できることが最大の利点です。この工具の使い方は、締め付けられたジョイントのボルト、あるいはナットをほんの少し「3 ~ 10°」増し締め回転させるだけです。

このチェックツールの試験インターバルは ISO6789 により指定され、5,000 回計測ごと、あるいは少なくとも 1 回 / 年と規定されています。

カテゴリー A のジョイントは、計測結果の文書化が要求されています。計測結果は少なくとも 2 年間保存義務があり、2 年経過後は、数値は削除してもかまいませんが、「OK」、「NOK」の結果報告は 15 年間保存が義務付けられています。

試験方法：

試験は各製造箇所から少なくとも 3 個以上の工具を抜き取り検査します。

温度範囲： 18 - 28°C、±2°C (試験中の温度変移)

試験ポイント： 30%、80%、100%

締め付けサイクル間のクーリング時間：

30% ステップ： 5 秒

80% ステップ： 20 秒

100% ステップ： 45 秒

ファーストテスト – 温度試験

トルクレートが低 (360°) / トルクステップ 80% で締め付け、手持ち式工具の最高表面温度を判定。

文書化： 1 回の計測シリーズごとに、ジョイント（ハード/ソフト）で、トルク/アングル、あるいはトルク/時間の少なくとも一つのダイアグラムを記載することが要求されます。

(VDI/VDE 2647)

4.1.2.1 空圧工具の性能試験 (Capability test)

チューブの長さ： 3 m、供給圧： 5.3 ± 0.2 bar

4.1.2.2 電気工具（バッテリータイプを除く）の性能試験 (Capability test)

制御 / 駆動ユニットが一体化したタイプ

4.1.2.3 バッテリー工具の性能試験 (Capability test)

一回の充電で最大締め付け回数の判定、この判定には 2 回の作業サイクルで行う： 100%の負荷でソフトジョイント 360° と 100%の負荷のハードジョイント 30°

4.1.3 性能試験の実行

試験は必ず、ハード / ソフト両ジョイントで実行されなければならない。

4.1.3.1 速度

1-step 締め付けの締め付け速度の規定ではありません。

2-step 締め付けになるような場合、ターゲットトルクの 50 ~ 100%の平均速度を計算されます。速度は 20 ~ 50rpm の間でなければならないが、50rpm の方がより好ましい。機械式クラッチタイプは 600rpm を超えてはならない。

4.1.3.2 ネジ締め

ターゲットトルクの最大 5%の負荷が掛かるまでに、少なくとも 3 回のフリー回転していなければならない。そのトルクは 5 %を超えてはならない。

4.1.3.3 サンプル数

サンプル数は 100 以上であるべきであり、連続して計測された計測結果グループであること。

統計的偏差をより信頼性のあるものにするため、機械的ジョイント（ボルト、ワッシャー、ナット）で計測する場合は、25 回計測毎に工具とソケットの接続を 4 分の 1 (90°) 回転させる。

4.1.3.4 ジョイントシミュレーション

ハードジョイント： ターゲットトルクの 50 ~ 100%の間に角度 30° で締結

ソフトジョイント： ターゲットトルクの 50 ~ 100%の間に角度 360° で締結

ターゲットトルクは工具の動作トルクレンジの 30%、80%、100%である。

例：

最小トルク = 20Nm、最大トルク = 60Nm

動作トルクレンジ 60 - 20Nm = 40Nm

30% の設定トルクは；

$$20 + 0.3 \times 40 = 32\text{Nm}$$

80% の設定トルクは

$$20 + 0.8 \times 40 = 52\text{Nm}$$

100% の設定トルクは

$$20 + 1 \times 40 = 60\text{Nm}$$

連続性についての必須条件；

シミュレーションレンジは 2 つのレンジに分割されます。

a) 25 ~ 50%

b) 50 ~ 100%

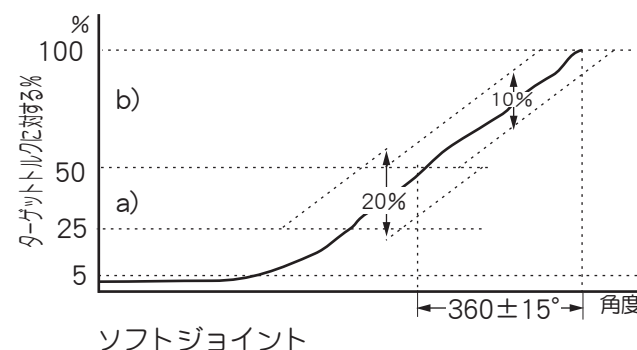
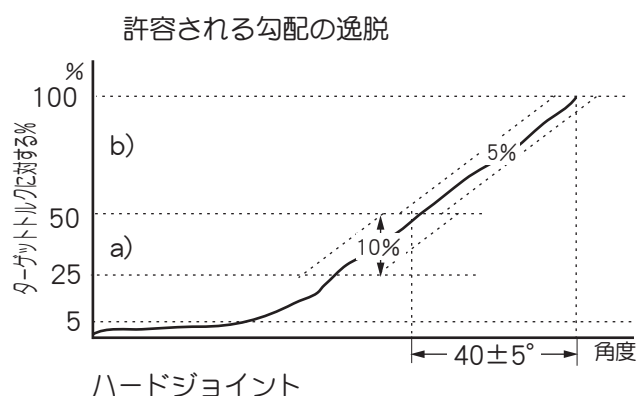
許容される上記两部分での勾配の逸脱は；

a) ハードジョイント — ターゲットトルクの ±10%

b) ハードジョイント — ターゲットトルクの ±5%

a) ソフトジョイント — ターゲットトルクの ±20%

b) ソフトジョイント — ターゲットトルクの ±10%



4.1.3.5 角度試験のためのジョイントシミュレーション

ハードジョイント： 工具の名目トルクに対し 20 ～ 60% のトルクで 40°
ソフトジョイント： 工具の名目トルクに対し 20 ～ 80% のトルクで 180°
ターゲット角度は 40° と 180° である。

角度の計測開始は、工具の名目トルクの 20% のトルクから計測する。
最終トルクは名目トルクの約 60% で 40°、約 80% で 180° である。

例；
工具の名目トルク： 100Nm

40° での設定；
角度計測開始トルク (20%) = 20Nm
ターゲット角度 = 40°
ターゲットトルクは、約 60Nm

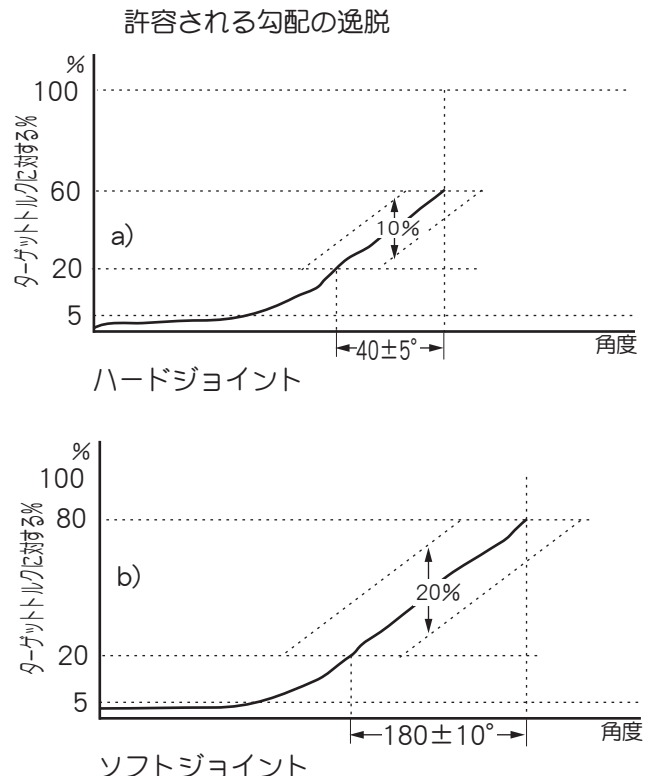
180° での設定；
角度計測開始トルク (20%) = 20Nm
ターゲット角度 = 180°
ターゲットトルクは、約 80Nm

連続性についての必須条件；
シミュレーションレンジは 2 つのレンジに分割されます。

- a) 20 ～ 60%
- b) 20 ～ 80%

許容される上記两部分での勾配の逸脱は；

- a) ハードジョイント — ターゲットトルクの ±10%
- b) ソフトジョイント — ターゲットトルクの ±20%



cm 計算；
トルク値のチェック
引用ユニットとテストユニット間の異なったトルク値が使用される；
 $C_m = T / 6s$ つまり $T = C_m \cdot 6s$
 C_m の値は固定値 1.67 である。

4.2 製造ラインで使用されるトルク・トルク/アングルレンチ

これらの工具（ダイヤルレンチを含む）は手動式であるがため、トルク、あるいはトルクと角度が計測できる。

4.2.1 周囲環境条件：

計測中の室内温度： 18 – 28°C ±2°C
工具は温度的に平衡状態にしなければならない。

4.2.1.2 工具調整

計測中には工具調整を一切してはならない。回転軸が傾斜した不正確な負荷の掛け方をしない。

4.2.1.3 文書化

ジョイントの判定（ハード / ソフト）と、連続した勾配を示すために、各計測シリーズ毎に少なくとも 1 個のトルク / アングル、あるいはトルク / 時間のダイアグラムを製作しなければならない。

4.2.2.3 ISO6789 の定義の考察

4.2.3 性能試験 (Capability test) の実行

ソフトとハードジョイントで試験されなければならない。
手動試験の時は、各試験ポイントは連続、あるいは複数のステップで到達されなければならない。

4.2.3.1 駆動モーター試験の速度

締め付け終了直前の速度は 0.2 ～ 1.5rpm であるべき。ターゲットトルクに対して 85% 以下のレンジでは時間を短くするために早い回転でも良いが、ハードジョイントでは、少なくとも残り 5° ソフトジョイントでは残り 15° になると、0.2rpm で最終締め付けする。

4.2.3.2 手動駆動試験

ターゲット角度 180° ソフトジョイントの手動試験では、最大 5 ステップで到達できるラッチ機能付き、あるいはターゲット角度 40° ソフトジョイントでは 1 ステップで試験する。

4.2.3.3 計測シリーズ

サンプル数は 25 個、計測は連続して行われ計測中に中断があってはならない。
統計的偏差をより信頼性のあるものにするため、機械的ジョイント（ボルト、ワッシャー、ナット）で計測する場合は、5 回計測毎に工具とソケットの接続を 4 分の 1 (90°) 回転させる。

4.2.3.4 トルク試験のジョイントシミュレーション

トルク試験は、ハードジョイントで行う。

ハードジョイント： ターゲットトルクの 50 ~ 100%、角度は 40°

ターゲットトルクは 4 点で計測： 工具の名目トルクの 20、40、60、80% のトルク

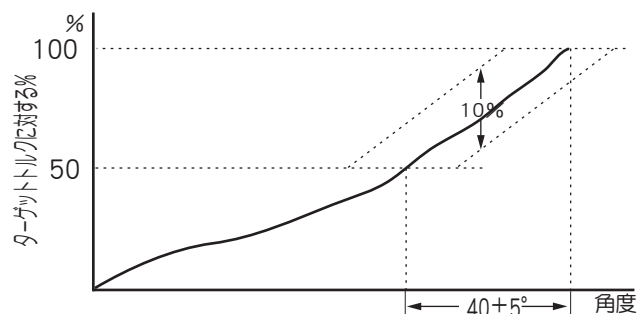
連続性についての必須条件：

15 ~ 30° 回転させトルクを発生させ、このトルク値から有効とする。このトルクカーブの平均勾配の ±10% が許容範囲とし、最終ステップでのトルク降下は考慮に入れない。この計測中の最大トルク値を記録する。

Cm/Cmk の計算： 平均値が必要

$$x_i = \frac{i - \text{試験工具} \times \text{名目値}}{i - \text{参照ユニット}}$$

許容される勾配の逸脱



4.2.3.6 角度試験のジョイントシミュレーション

角度試験は、ハードジョイント / ソフトジョイントで行う。

ハードジョイント： 角度 40°

ソフトジョイント： 角度 180°

ターゲットトルクは 4 点で計測：

40° : 角度はトルクの 40% の点から開始、工具の名目トルクの約 60% の点で最終トルクに達する。

40° : 角度はトルクの 60% の点から開始、工具の名目トルクの約 80% の点で最終トルクに達する。

180° : 角度はトルクの 20% の点から開始、工具の名目トルクの約 40% の点で最終トルクに達する。

180° : 角度はトルクの 40% の点から開始、工具の名目トルクの約 80% の点で刺繍トルクに達する。

連続性に対する必須条件：

15 ~ 30° 回転させトルクを発生させ、このトルク値から有効とする。トルクカーブの許容値は

ハードジョイント： 平均勾配の ±5 % が許容範囲

ソフトジョイント： 平均勾配の ±10% が許容範囲

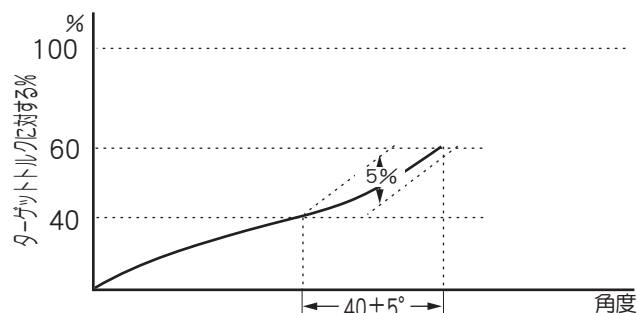
最終ステップでのトルクドロップは考慮に入れない。

この計測中の最大角度を記録する。

Cm/Cmk の計算： 平均値が必要

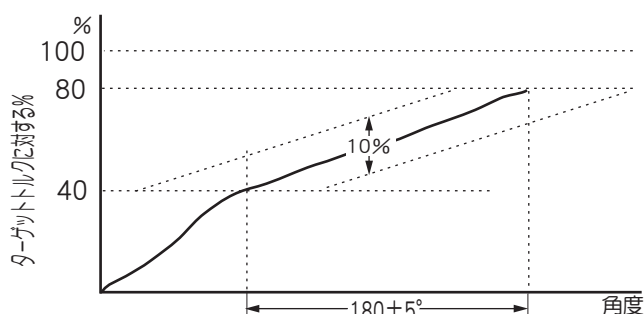
$$x_i = \frac{i - \text{試験工具} \times \text{名目値}}{i - \text{参照ユニット}}$$

許容される勾配の逸脱



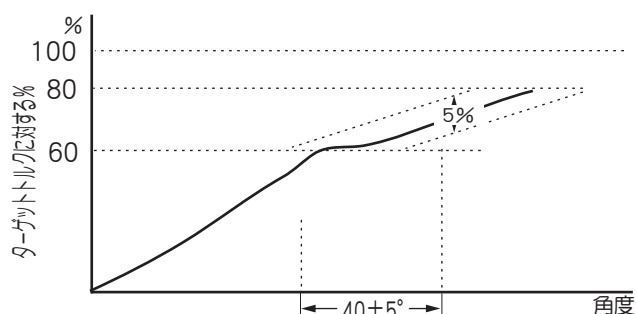
ハードジョイント

許容される勾配の逸脱



ソフトジョイント

許容される勾配の逸脱



ハードジョイント

5. 試験装置に要求される項目

試験装置の回転部品の慣性モーメントは、工具の回転部品の慣性モーメントに比べ十分低いこと。試験する平均トルクに影響を与えないこと。

センサー類は工具の駆動系と試験部品内に配置されること。

試験部品は、ハードジョイントでターゲット角度に応じ $\pm 5^\circ$ の偏移で停止できること。

計測の不確実性は 1 % 以内であること。(DIN 51309)

製造ラインで使用されるレンチの場合は、計測の不確実性は 1 % 以内が要求される。(DKD-R 3-8) この校正は年 1 回行なれていなければならない。

角度計測の不確実性は、VDI/VDA 2648 により 1° 以内でなければならない。角度の分解能は 0.25° 以内でなければならない。

総ての計測は、試験装置により自動的に計測日時がスタンプされる必要がある。

注) 連続的なブレーキ機能が、試験装置に要求される。トルクダイアグラムはこの動的効果により阻害されない。

5.2 試験装置の計測周波数

150rpm までは、少なくとも 2000S/sec のサンプリングレートが要求される。それ以上の速度では、速度に応じサンプリングレートは増加させなければならない。

5.3 フィルター周波数

トルク計測のフィルターは、300Hz から 50dB/decade の降下帯で 300Hz の限界フィルターになる。

5.4 試験装置の計測性能

試験装置の計測能力は、不確実性が 0.2% 以内であること。角度計測装置の分解能は 0.02° であること。

校正証明書の有効期間は 12 ヶ月、その中に試験結果報告を含んでいること。

5.4.1 トルクの計測の実行

異なったトルクで少なくとも 3 ステップが要求される。

ステップ 1: トルクセンサーの名目トルクの 20%

ステップ 2: トルクセンサーの名目トルクの 60%

ステップ 3: トルクセンサーの名目トルクの 100%

他のステップも可能であるが、使用するトルクレンジ内であること。

各ステップで試験部品は 5 回計測され、その結果を記録する。その後、ドライブアダプターを 90° 回転させ再度 5 回計測する。(アダプターが六角の場合は、 120° 回転させ計測は 3 シリーズ行わなければならない。)

5.4.2 角度計測の実行

異なった角度で少なくとも 2 ステップが要求される。

ステップ 1: 40° のターゲット角度

ステップ 2: 180° のターゲット角度

他のステップも可能であるが、使用する角度レンジ内であること。

5.4.3 試験結果の評価

C_g/C_{gk} が計算されなければならない。要求は最小 1.33

5.4.3.1 公式の記号

OT: 許容限界の上限

UT: 許容限界の下限

T: 許容度

x: ターゲット値

xbar: 平均値

s: 標準偏差

C_g : 未知のシステム偏差

C_{gk} : 既知のシステム偏差

$$C_g = \frac{0.2 * T}{6 s}$$

$$C_{gk} = \text{Minimum} \left\{ \frac{(x + 0.1 * T) - \bar{x}}{3s} \cdot \frac{(x - 0.1 * T) - \bar{x}}{3s} \right\}$$

5.4.3.4 回転角度の限界

C_g/C_{gk} は 1.33 以内、最大 3° の許容値が維持されること。