

インパクトレンチによるねじの締付け特性 Tightening properties of the screw by the impact wrench

○工学院大学 小林光男

要 旨

作業能率の向上と、比較的小型な装置によって強力な締付けを要求する場合には、インパクトレンチによる締付けが有利である。しかし、インパクトレンチの研究は少なく、締付け力の過不足が度々指摘され、この適正な締付け力管理方法の必要性が高い。本報告は、実際の電動式インパクトレンチの衝撃トルクにより、締付け回数と締付け力の関係、締付け過程を求め、最適な締付けに関する注意点を検討したものである。

Key word; Tightening of screw, Impact wrench, Tightening property, Tightening process,

1. はじめに

ねじを締付ける方法には、静的な締付け方式と振動及び衝撃による動的締付け方式がある。前者には、トルク法、ナット回転角法及びトルク勾配法などがあり、このうちで一般には各種トルクレンチを用いたトルク法が多く使用されている。後者は、インパクトレンチが代表例で、ナットやボルト頭部に衝撃的なトルクを与えることによって締付けるものである。

精密な締め付け管理を行う場合は、トルクレンチなどを使用して静的トルクにより締付ける方法が広く用いられているが、一方作業能率の向上と、比較的小型な装置によって強力な締付けを要求する場合には、インパクトレンチによる締め付けが有利である。しかし、インパクトレンチの研究は少なく^{1,2)}、締付け力の過不足が度々指摘され、この適正な締付け力管理方法の必要性が高い。以上のことから、玉置らはインパクトレンチの原理である衝撃トルクを振り子式ハンマーによりスパナに衝撃トルクを与え、一打撃毎の締付けにおいて、締付け力と衝撃エネルギーの関係を明らかにしている^{3,4)}。これらの関係を実際の電動式インパクトレンチを使用してM16 ボルトにより検討することを目的としている。

本報告は、実際の電動式インパクトレンチの衝撃トルクにより、締付け回数と締付け力の関係について実験的に求め、最適な締付けに関する知見を明らかにしたものである。

2. 打撃回数と締付け力の関係

初期締付け力を F_0 、ハンマーの一回の衝撃によりボルトに生じる締付け力を F とし、ボルトを締付けるためのエネルギーは衝撃を与えるハンマーのエネルギーと等しい事から、繰返し衝撃回数 n における締付け力 F_n は、次式が成り立つ²⁾ 事を確認している。

$$F_n = \sqrt{n} \cdot F_1 \quad (1)$$

上式は、 n 回目の繰返し衝撃回数による締付け力 F_n は、第1回目の締付け力 F_1 と衝撃回数の平方根の積になることを示している。

3. 実験装置及び方法

電導式インパクトレンチによってねじを締付ける実験システムを図1に示す。ねじり試験機(最大容量: 3 kNm)のチャックにボルト頭部を固定し、ロードセル(最大容量: 70kN)の両端を座金で挟んでボルトを通し、ナット側をインパクトレンチで締付ける。電導式インパクトレンチは、全負荷回転数は毎分1700回転、打撃数は毎分2000回、適正能力はボルトサイズでM10~M16の使用範囲のものである。電動インパクトレンチの出力は一般的には変えずに使用するが、本研究では、スライドレギュレーター(RSA-10型)を介して、締付けるための供給エネルギーを適

宜に変化させることが出来るようにした。実験では、その出力をインパクトレンチの最大能力の60%、80%、100%の3種類とし、各々の性能を表1に示す。

ナットを締付けるトルクは、ねじり試験機のトルクメータ及び記録装置に、ボルトの締付け力はロードセルからインジケータに記録し、各々の値はビジグラフ(5L31型)により締付け時間に対する締付け力及び締付けトルクの変化として求まる。また表1によって、本装置におけるインパクトレンチの該当出力の打撃回数がわかり、衝撃回数と締付け力の関係が求められることになる。

図2に使用したM16のボルト(強度区分5.6)及びナット(強度区分: 6)の形状及び寸法を示す。また、本実験の潤滑条件は、無潤滑及びCRC-5-56の2種類とした。また、予め清浄及び防錆のためにCRC-5-56をボルト及びナットに塗布しておいた。

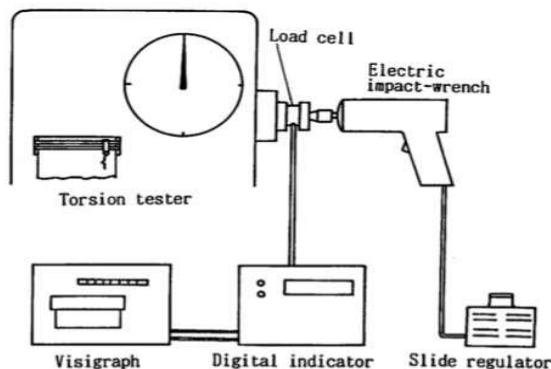


Fig.1 Measuring and driving system

Table 1 Output of impact-wrenching

Output of impact-wrenching	Number of impact (No./ min)	Revolution (rpm)
60 %	900	770
80 %	1260	1080
100 %	1620	1380

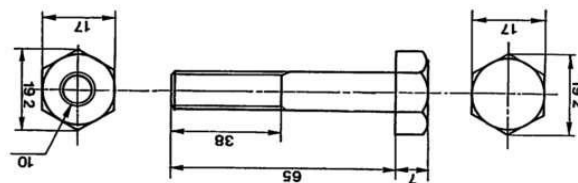


Fig.2 Bolt and Nut

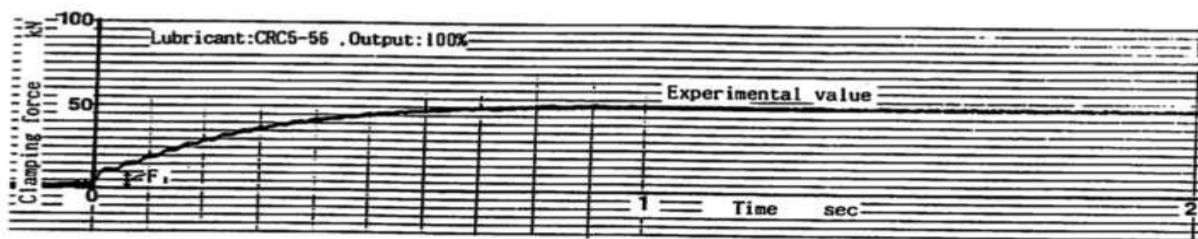


Fig.3 Tightening characteristics (Lubricant: CRC5-56, Output: 60%)

Table 2 Tightening characteristics (Lubricant: CRC5-56, Output: 60%)

Time (sec)	1/10	2/10	3/10	4/10	5/10	6/10	7/10	8/10	9/10	1	2	3
Experimental Value	9.5	15.0	18.0	20.5	22.5	25.0	26.0	27.5	29.0	30.5	37.5	40.5
Theoretical Value		13.5	16.5	19.0	21.5	23.5	25.0	27.0	28.5	30.0	42.5	52.0
Error (%)		1.1	9.1	7.8	4.7	6.4	4.0	1.9	1.8	1.7	11.8	22.1

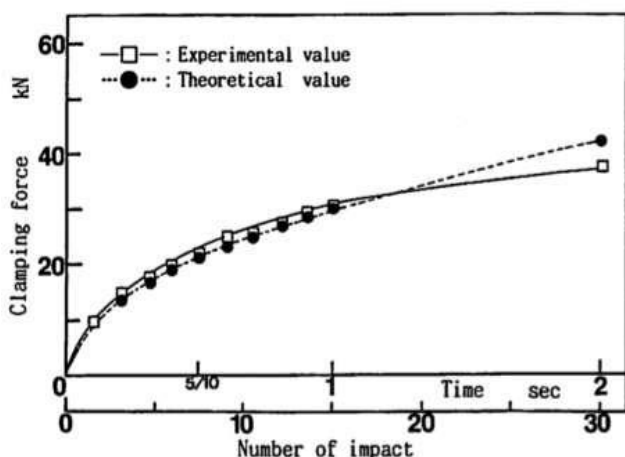


Fig.3 Tightening characteristics

4. 実験結果及び考察

図3は潤滑剤 CRC5-56 を使用し、インパクトレンチの出力が 60% の場合の実験例で、縦軸に締付け力を、横軸に衝撃時間を示す。図より、時間の経過に対して締付け力がステップ挙動を示し、徐々に増加していることを示す。潤滑状態及びインパクトレンチの出力の違いについて、各条件における実験結果を求める。そして、各々実験条件ごとに表2の通り、各締付け過程における実験値を表す。この表中の理論値は、各実験結果の衝撃時間と締付け力において、第1回目の締付け力 F_1 を求めて、式(1)より各衝撃時間に対する締付け力を算出したものである。

4.1 理論値と実験値

各実験条件ごとに実験結果は図4のように求まり、締付け時間の経過とともに締付け力は緩やかに増加傾向を示し、一般的に締付け回数の平方根に比例する傾向である。従って、理論値と実験値の傾向は良く合う事になる。

また、連続衝撃における n 回目の衝撃による締付け力は衝撃回数の平方根と第1回目の締付け力の積で求めた理論値に比較的良く一致する傾向となる。特に、出力を絞った 60% の低出力の場合は、表2の通り、理論値と実験値は比較的良く一致する。

4.2 インパクトレンチの出力の影響

インパクトレンチの出力においては、一般的に変えること

が出来ず、100%の状態が使用状態に相当することになる。しかし、ここでは出力を 80% 及び 60% に減じ締付け特性を検討した。インパクトレンチの出力は、60% が最も良く理論値と一致し、次いで 80%、100% の順である。各出力においても、同様の締付け特性を示すが、インパクトレンチの出力が高くなると第1回目の締付け力 F_1 が大きくなり、その後の締付け過程に大きく影響することになり、最終締付け力も大きさや、ボルトの破損に至る場合もあるので注意を要する。

4.3 動的締付け特性

締付け過ぎによる軸部の破損やかみ合いねじ部のせん断壊の恐れがある。理論値は、衝撃回数 n が多くなると実験値より大きな値を示す。これは、インパクトレンチの出力に関係し、出力が大きいと衝撃トルクが大きくなり、第1回目の衝撃締付け力が高くなることによると考えられる。従って、理論が締付け過ぎ防止のための指針として利用でき、過剰な締付け過ぎによる破損防止の指針として可能となる。

衝撃によって、ねじを締付けるときの力積は、ハンマーの運動量の変化に比例する。ハンマーがアンビルに衝突する速度が一定であるとする、運動量の変化も一定となり、その力積すなわち衝撃力と衝撃時間の積も一定となる。締付け過程が進行し、締付け軸力が増大すると衝撃時間は減少するから、衝撃力は逆に大きくなる。従って、指定された性能を持つインパクトレンチで、衝撃回数を多くすることは、締め過ぎを起し易くボルトの破損につながる。

5. まとめ

以上の実験結果を総括し、主なものを以下に示す。

- (1) 連続打撃の n 回の衝撃による締付け力は、衝撃回数の平方根と第1回目の締付け力との積として求められ、理論値と実験値は同じ傾向を示し、衝撃回数が 30 回程度までは良く合う。
- (2) インパクトレンチの性能をそのまま使用し(出力 100%)、衝撃回数を多くした場合は、ボルトの破損を起こすことがある。
- (3) 定格出力での衝撃回数は 30 回位で良い結果が得られるが、定格の 60% の出力で衝撃回数を多くした方が安定した締付け過程が得られる。

本研究をまとめるにあたり、有益なご助言を賜りました日立工機株式会社のご厚意に感謝申し上げます。