

高強度小型ねじのじん性評価のための衝撃試験法と 試験装置の開発

機械・材料技術部 機械構造チーム 小 島 隆

機械計測チーム 阿 部 顕 一

小型ねじのじん性を評価するために専用の衝撃試験機を製作し、試験機の性能とこれを用いた衝撃試験法の妥当性を検討した。本試験法では、ねじの首に最も近い谷部を応力集中源としてねじを衝撃破壊する。実証試験の結果、この応力集中源は、製造過程でねじの首付近に生じる低じん性領域に破壊を誘導することが分かった。また、応力集中と試験機のハンマ速度は十分な大きさであり、じん性が低いねじには、室温でぜい性破壊を引き起こすことが確認できた。その他、矛盾のない結果が得られ、試験機の性能と試験法が十分に実用的であることが確かめられた。

キーワード：ねじ，じん性，衝撃試験機，衝撃試験

1 はじめに

ねじには、小型でありながら、高い強度と高いじん性が要求される場合が少なくない。例えば、重切削用の切削工具で使用されるねじがこれに当たる。工具は小さいのでねじも当然小型である。また、工具には切削時に定常的に大きな力加わる他、工具先端が被切削物と接触する瞬間には衝撃力が加わるので、要所に使われているねじには大きな静的荷重に抗する十分な強度と衝撃力が働いても壊れ難いじん性が必要とされる。従って、このような用途で使われる小型ねじの開発・製造の現場では、その強度とじん性の評価が必要不可欠と考える。しかし、じん性については評価方法が無いのが現状である。

ところで、金属材料のじん性には大別して二つの評価方法がある。一つは、き裂を設け且つ破壊力学的な寸法要件を満たす試験片を準備し、破壊力学に基づいた試験を実施して評価する方法である。この方法によればじん性を材料固有の物性値（破壊じん性値）として評価可能であるが、小型ねじについては、小さいが故に、そのような試験片を準備することも試験を実施することも非常に困難である。もう一つは、古典的な衝撃試験による方法である。この方法ではじん性を試験片が破壊するのに消費したエネルギー（吸収エネルギー）で評価するが、それは試験片の形状と寸法に依存する値であり、普遍性が無く、一般に工学的な設計等には使えない。しかし、ねじのじん性においては、普遍性は不要であり、同一規格のねじの間で比較できる量であれば後者の方法で十分に有用であると考えられる。

以上のように考えて、本研究では、小型ねじのじん性を評価するための衝撃試験法について検討した。以下、試作した専用の衝撃試験機を紹介し、続いて、これを用いて実証試験を行い、試験方法の妥当性を考察した結果を述べる。

2 衝撃試験装置と試験方法

試作した衝撃試験機の概略を図1に示す。本機は、持ち上げ角度 135° からハンマを振り下ろし最下点でハンマが試料に当たるが、そのときのハンマ速度は約 4.5m/s に達する。ハンマに取り付ける重りを調整して、 $\text{M1.6}\sim\text{M4}$ の範囲の短小ねじの試験が可能である。

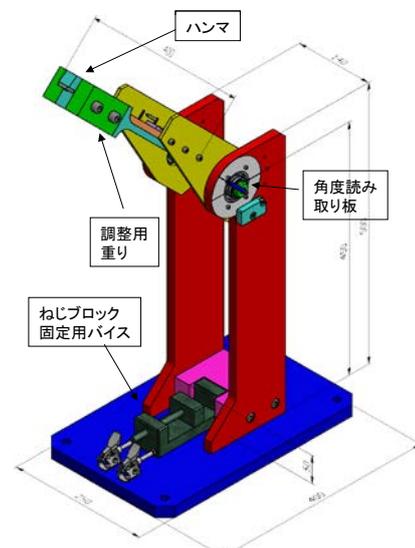


図1 衝撃試験機の概略図

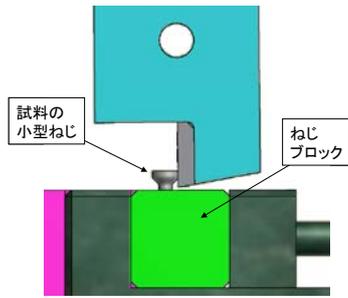


図2 ねじブロックと小型ねじの取り付け状態

試料の小型ねじは専用のねじブロック（図2参照）に取り付けて、下部のバイスに固定する。ハンマを振り下ろして、ねじの頭部を打撃して衝撃破壊する。破壊に使われた吸収エネルギーは、角度読み取り盤で振り上がり角度 θ を読んで次式より算出する。

$$U=WR(\cos\theta - \cos 135^\circ) - P_\theta$$

ここで、 W はハンマの重量、 R はハンマの回転中心から重心までの長さ、 P_θ はハンマの運動に伴う粘性摩擦によって消費されるエネルギーを補正する量である。これらの量は、ハンマに取り付ける調整用の重りの重さによって変化する。 P_θ は、予め空振りの試験をした結果をJISB7722(1999)で定める補正式に代入して求める。

ねじブロックには雌ねじが加工してあり、試料の小型ねじはそこに一旦締め付けた後に一回転戻して取り付け完了とした。こうすることによって、ねじの首に最も近い谷（1番目の谷）がブロック表面に現れ、試験時には応力集中源として働く。

3 実証試験とその結果

本試験では、1番目の谷を応力集中源とすることにしたが、まず、この妥当性を検討した。ねじブロックに試料を取り付ける時の戻し量を一回転及び二回転として、応力集中源をそれぞれ1番目の谷及び2番目の谷とした場合の比較実験を行った。M2.5（合金鋼製）のねじを用いて、それぞれ30本ずつ試験を行った。その結果、それぞれ応力集中源である1番目の谷及び2番目の谷で破壊したが、前者の吸収エネルギー（平均値：2.3J）が後者のそれ（平均値：3.4J）に比べて明らかに小さな値であった。また、破面を微視的に見ると、1番目の谷を応力集中源とした場合の破面はほとんどがディンプルであったのに対し、2番目の谷を応力集中源とした場合は、せん断破壊が50%以上を占めるより延性的な破面であった。小型ねじは引き延ばした線材を使って作るため、頭部から離れた所ではファイバーフロー（鍛流線）が軸方向に揃っており、これと垂直方向の衝撃に対して強じんである。一方、ねじの頭は線材の端部を軸方向に圧縮して作るため、首付近のファイバー

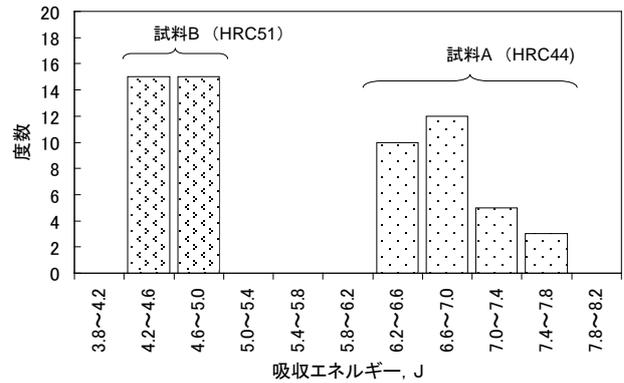
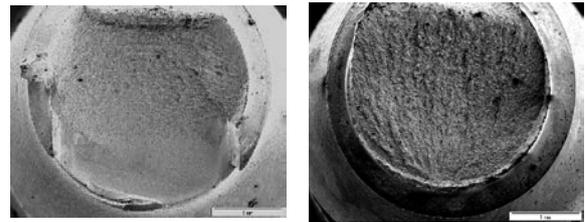


図3 熱処理の異なる2種類のねじ(M4)の衝撃試験の結果



(a)試験Aの破面 (b)試験Bの破面
図4 衝撃破壊したねじ(M4)のSEM観察の結果

フローは曲がっている。このため、潜在的にもろい領域があり、応力集中源がこれに接近していれば、そこを通る低吸収エネルギーの破壊が起こる（即ち、低じん性となる）と考えられる。ねじのじん性値は弱部で評価すべきであり、即ち、1番目の谷を応力集中源とする方が妥当である。

次に試験機の性能に注目した実験として、熱処理が異なる2種類の合金鋼製のねじ（M4、試験A及びBと称す）をそれぞれ30本ずつ準備して衝撃試験を行った。その結果（図3）、硬い試験B（硬度：HRC51）のじん性が比較的に柔らかい試験A（硬度：HRC44）のじん性より明らかに低いことを示しており、両者の差を明確に判別できることが分かる。また、破面を観察した結果、試験Aは延性破面（図4(a)）であり、試験Bは低じん性特有のぜい性破面（図4(b)）であった。即ち、本試験装置のハンマ速度と谷部の応力集中度は、ねじのじん性が低いときに室温でぜい性破壊を誘起するのに十分な大きさであることが確かめられた。なお、じん性は静的な強度等に比べて構造敏感な特性であり、その値はある程度分布するので（図3）、統計的な数（30本以上）の試験が必要と考える。

4 まとめ

小型ねじのじん性を評価するために専用の衝撃試験機を試作し、試験機の性能とこれを用いた衝撃試験法の妥当性を検討した。その結果より、試作した専用衝撃試験機を用い、ねじの首に最も近い谷を応力集中源として衝撃破壊する方法を小型ねじのじん性評価法として提案した。