

1. はじめに 高力ボルトの締付け暴露試験において破壊したボルトの破断位置は不完全ねじ部が圧倒的に多いことが知られている。これは不完全ねじ部のひずみ集中が完全ねじ部のそれよりも大きいのである。不完全ねじ部のひずみ集中が完全ねじ部のそれよりも大きいのは、ねじの形状に起因しているのではないかと予想される。JISで規定されているねじの形状は完全ねじ部に対するものである。本研究では、ボルトねじ部のひずみ集中の程度を知る手始めとして、ボルトねじ部の形状を測定し、軸力導入により生じるねじの塑性変形について検討する。

2. 実験方法 使用した高力ボルトは F10T, M20, $l=65\text{mm}$ である。ロット数は3ロットであり、ボルト本数は1ロットにつき5本である。これまでに一度も軸力が導入されたことのないこれらのボルトを拡大投影機により20倍に拡大し、ねじの谷の角度 θ とねじの谷の丸み r を測定する。次に、ボルトに18.2tの軸力を導入し、除荷する。この軸力の管理はボルトの円筒部に貼付したひずみゲージにより行う。除荷したボルトの θ と r を測定する。 θ と r の測定はボルトの横断面を4等分した $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ の断面の不完全ねじ部と完全ねじ部2谷について行う。また、軸力導入前後のねじ部のビッカース硬さ試験も実施する。試験方法はJIS Z 2244に従う。硬さの測定は 0° と 180° の2断面の不完全ねじ部と完全ねじ部2谷について行う。

3. 実験結果および考察 軸力導入前の不完全ねじ部の谷の角度 θ と谷の丸み r の測定結果を図1, 2に示す。図中の σ_n は標準偏差, $\bar{X}$ は平均値, N は標本数である。標本数が120に満たないのは、 θ と r がそれぞれ $75^\circ, 0.65\text{mm}$ を越えるデータを除去したためであり、標準偏差, 平均値はこれらのデータを除いて計算されている。軸力導入後除荷したボルトの不完全ねじ部の谷の角度 θ と谷の丸み r の測定結果を図3, 4に示す。軸力を導入したボルトは全部で10本であり、標本数が80に満たないのは上記と同様の理由によるためである。図1, 3より、一度軸力を導入することによって不完全ねじ部の谷の角度 θ の平均値 $\bar{X}$ が約 40° 大きくなっていることがわかる。図2, 4より、軸力導入前後において不完全ねじ部の谷の丸み r の平均値 $\bar{X}$ にほとんど差異は認められないが、最頻値は約 0.05mm 大きくなっていることがわかる。これに対して、軸力導入前後において完全ねじ部の谷の角度 θ と谷の丸み r に有意な違いは認められなかった。JIS B 0205にボルトの谷の角度 θ は 60° と規定されており、JIS B 0209にボルトの谷の最小丸み r はM20の場合 0.313mm と規定されている。これらのJISは完全ねじ部に関するものであって、不完全ねじ部について規定したものではない。図1, 2より、不完全ねじ部において θ が 60° を下回るものが52%あり、 r が 0.3mm を下回るものが32%あることがわかる。完全ねじ部においてはそれぞれ78%, 38%であり、不完全ねじ部の形状が完全ねじ部の形状に比べて特に鋭利であるというような結果は得られなかった。したがって、軸力導入前後のねじ部の形状変化が不完全ねじ部に生じ、完全ねじ部に生じないのは、ねじの形状の違いによるのではなく、一様なひずみ分布をしているボルト円筒部に最も近いひずみ集中源である不完全ねじ部において最大のひずみ集中を示し、円筒部から離れるにしたがってひずみ集中の程度が徐々に小さくなっていくためであると考えられる。

ビッカース硬さ試験結果の例を図5, 6に示す。これらより、軸力導入後の不完全ねじ部の谷底近傍で硬さの上昇が認められるが、それ以外のところに有意差はない。完全ねじ部においては深さ方向および軸方向ともほぼ同じような硬さを示していた。不完全ねじ部の谷底近傍の硬さの上昇は軸力導入により塑性ひずみが生じたためである。

4. まとめ 不完全ねじ部の形状は完全ねじ部の形状に比べて鋭利ではなかった。したがって、不完全ねじ部のひずみ集中が完全ねじ部のそれに比べて大きいのは、形状の違いというよりも、不完全ねじ部がボルト円筒部に隣接しているためであるということがわかった。

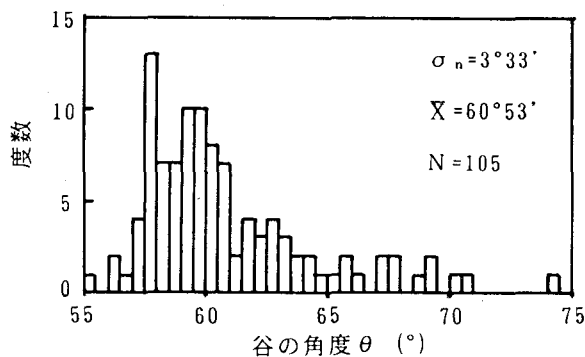


図1 軸力導入前の不完全ねじ部の谷の角度 θ

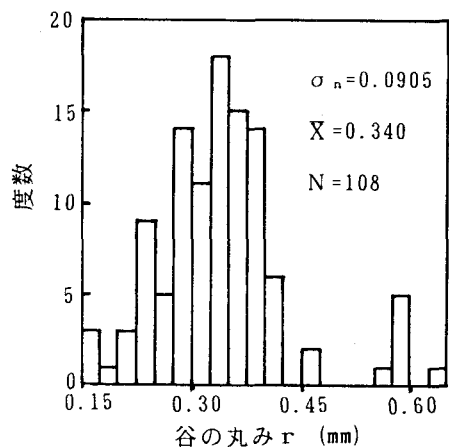


図2 軸力導入前の不完全ねじ部の谷の丸み r

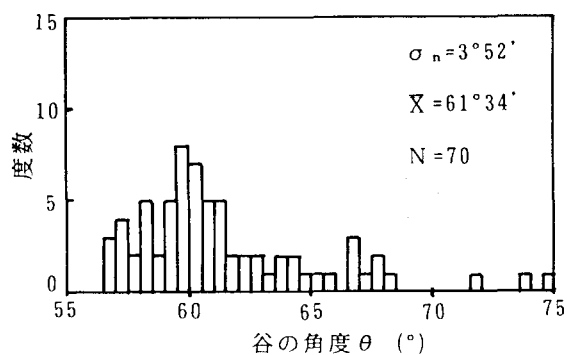


図3 軸力導入後の不完全ねじ部の谷の角度 θ

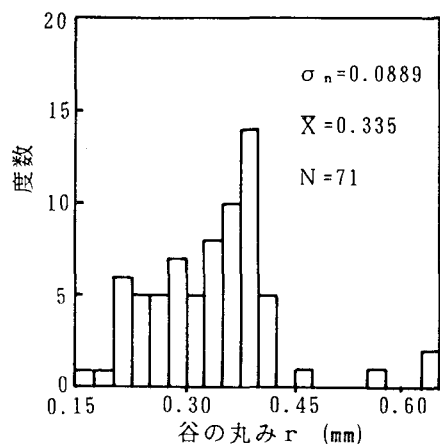


図4 軸力導入後の不完全ねじ部の谷の丸み r

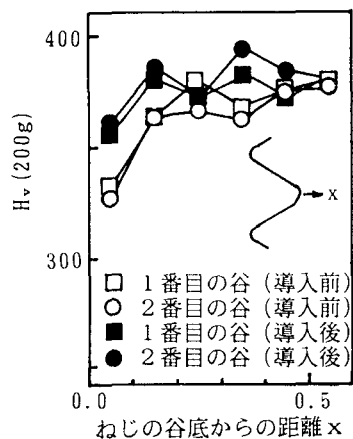


図5 不完全ねじ部の深さ方向の硬さ分布

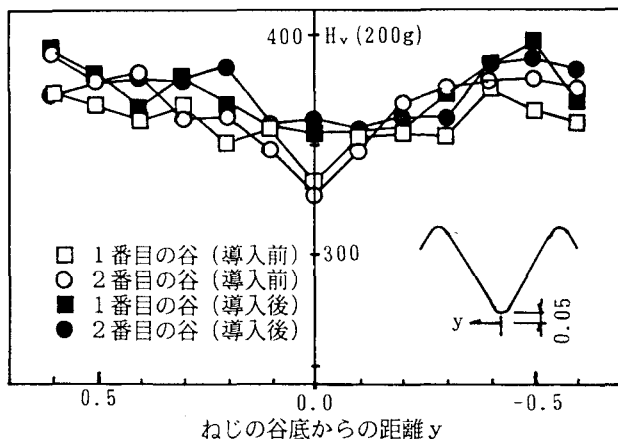


図6 不完全ねじ部のボルト軸方向の硬さ分布