

ノート

斜め貫通孔を有する金属製ロッドの圧縮曲げ特性評価

西川 康博*¹⁾ 阿保 友二郎*¹⁾

Evaluation of Compression Bending Properties of Metallic Rod with Angled Through-hole

Yasuhiro Nishikawa*¹⁾, Yujiro Abo*¹⁾

キーワード：圧縮曲げ特性，金属製ロッド

Keywords：Compression Bending Properties, Metallic Rod

1. まえがき

高齢化社会の到来に伴い、身体機能を補うため体内に医療機器（インプラント）を埋入する手術が増加傾向にある。大腿骨転子部骨折に対し、骨折部を固定するためのインプラントにショート・フェモラル・ネイルがある⁽¹⁾⁽²⁾。このショート・フェモラル・ネイルの力学的特性評価法の一つが圧縮曲げ試験法であり、ASTM F384やJIS T 0313で規定されている。しかし、使用中の破壊が許されず、長期耐久性が要求されるインプラントには、規格で示される最終的な試験結果だけでは不十分である。そこで本研究では、ショート・フェモラル・ネイルを模擬した金属製ロッドを用いた圧縮曲げ試験を行い、(1)破壊部分の特定と破壊原因の検討、(2)歩行姿勢を考慮した試験条件下における評価手法の検討を行った。

2. 試験方法

2.1 試験片 図1に試験片の形状及び寸法を示す。試験片の材質はTi-6Al-4V（ASTM F136に準拠）とした。材料の引張強さ、耐力及びヤング率は、それぞれ、969 MPa、807 MPa及び107 GPaである。

2.2 試験方法 圧縮曲げ試験では、JIS T 0313を参考に試験片を鉄鋼製の治具（固定治具と呼ぶ）に固定し、試験片の円孔部には合金鋼製の治具（試験機を用いて圧縮荷重を加えるための治具）を設置した。また、固定治具を傾斜させることにより、歩行姿勢（足を前に踏み出した姿勢）を考慮した試験条件を作り出した。図2に固定治具を傾斜させた場合の試験片の固定状況を示す。ここで、傾斜角度は15°及び30°とした。

試験には万能材料試験機（AUTOGRAPH AG-100kNX：島津製作所）を用いた。試験は変位制御で行い、変位速度を10mm/minとした。試験はすべて実験室環境下（23±2℃，50±5%RH）で行った。

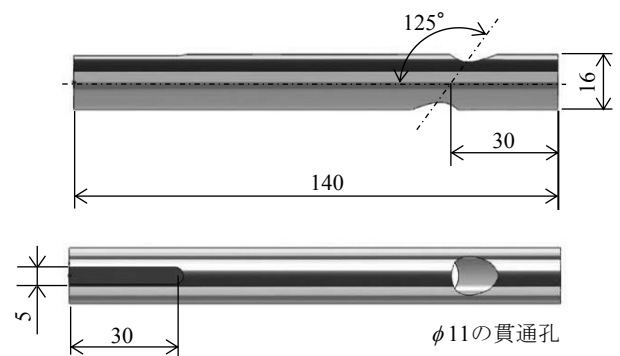


図1. 試験片形状及び寸法

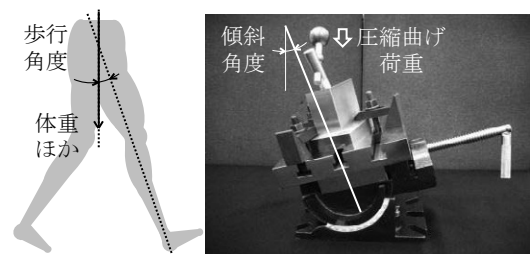


図2. 固定治具を傾斜させた場合の試験片の固定状況

3. 結果及び考察

3.1 円孔端部における破壊 図3に代表的な荷重-変位線図を示す。初期においては荷重と変位の関係は線形を示し、その後、両者の関係は非線形となった。最大圧縮曲げ荷重は6.79kNであった。破壊発生部は試験片の円孔端部であり、圧縮曲げ荷重により発生した引張の応力集中が原因であると考えられる。そこで図4に示すように、破壊が生じる応力集中部に予めひずみゲージを貼り付け、圧縮曲げ荷重とひずみの関係を調べた。その結果を図5に示す。図に示すように、初期は荷重とひずみの関係は線形であったが、荷重が2kN付近でひずみに対する荷重の増加率が低下する傾向を示した。このように応力集中部では早い段階から弾性変形範囲を超える引張応力が発生していることを確認した。

3. 2 傾斜角度の影響 図6に試験片を傾斜させた場合の荷重-変位線図を示す。図に示すように、傾斜角が大きくなるに伴い、初期における荷重-変位線図の傾きが小さくなった。傾斜させることにより、試験片には圧縮曲げ荷重のみならず、ねじりトルクも負荷される。このため、傾斜がない場合と比較して、変形量が大きくなり、初期における荷重-変位線図の傾きも小さくなったと考えられる。図7に試験後の様子を示す。図に示すように、傾斜させた場合、試験片に設けた貫通孔に沿って破壊が生じた。ねじりトルクが加わることで、円孔端部に多軸の応力が発生し、破壊方向が変化したと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた成果を以下に示す。

- (1) 引張の応力集中により、円孔端部から破壊が生じることを確認した。
- (2) 歩行姿勢 (15° 及び 30° 傾斜) を考慮した試験方法を提案し、JIS 等で規定されている試験方法とは異なる結果 (破壊様相) が生じることを確認した。

今後、さらに多くのデータを取得し、また、シミュレーション (応力解析) を利用しながら、ショート・フェモラル・ネイルの耐疲労設計に関して検討を進める予定である。

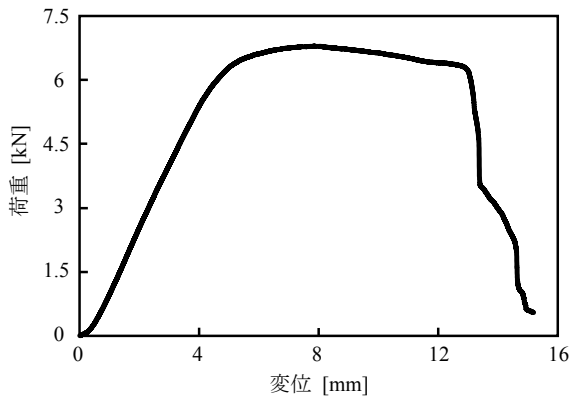


図3. 荷重-変位線図



図4. ひずみゲージの貼り付け状況

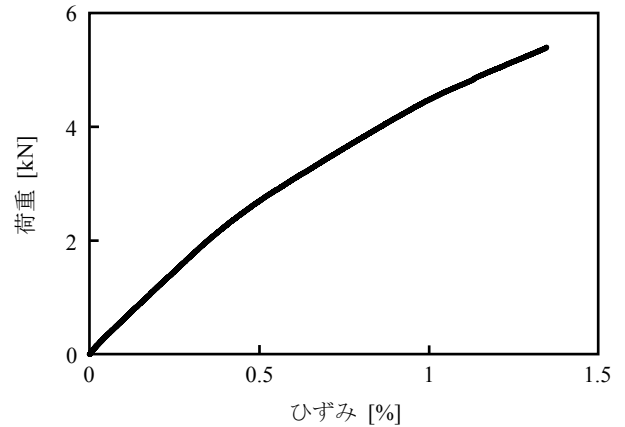


図5. 荷重-ひずみ線

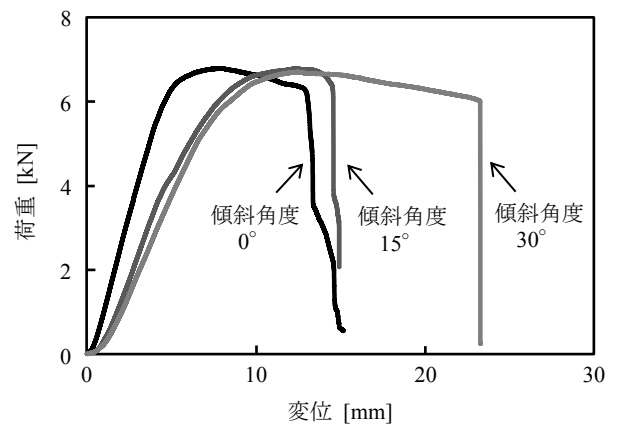


図6. 荷重-変位線図 (傾斜角度を考慮した場合)



図7. 試験後の様子

(平成 24 年 5 月 18 日受付, 平成 24 年 7 月 30 日再受付)

文 献

- (1) 松下隆, 渡部欣忍: 「大腿骨頸部/転子部骨折診療ハンドブックーガイドラインに基づいた診療の実際ー」, 南江堂, pp. 51-54 (2009)
- (2) 岡光義光, 後藤恵美子: 「Compression Hip Screw, ショート・フェモラル・ネイル及び骨端プレートの力学的試験方法の検討」, 日本臨床バイオメカニクス学会誌, Vol.29, pp. 459-466 (2008)