

409 手術用ねじのねじ形状と締め付け特性 - FEM解析 -

The Thread Shape of a Surgical Screw and its Binding Characteristics - FEM Analysis -

○学 田村 敏教 (日本工大) 正 玉木 保 (日本工大)
高橋 和久 (千葉大医) 赤澤 努 (千葉大医)

Toshinori TAMURA, Student, Department of Mechanical Engineering, Nippon Institute of Technology,
4-1 Gakuendai, Miyasiro, Minamisaitama, Saitama 345-8501 Japan
Tamotsu TAMAKI, Nippon Institute of Technology,
Kazuhisa TAKAHASHI, Tsutomu AKAZAWA, University of Chiba

Key Words: FEM Analysis, Thread Shape, Binding Characteristics

1. はじめに

脊柱側弯症や脊柱損傷の治療方法としてねじを用いた固定手術が行なわれている。(Fig.1)

骨の固定に影響を及ぼすとされるねじ形状について、本研究では以前から実験により検討してきた。今回は、新たに締め付け特性について FEM 解析を行った。それらにより得られた結果について比較するために、実験で使用したねじをモデリングし FEM 解析を行った。なお今回は、海綿骨のみを対象とし、緻密骨は考慮していない。

2. 背景⁽²⁾

市販されている7種類の脊柱固定用ねじ (AO-Cortex, Zielke, Yamagata-A,B, Danek-808,823 及び Pedicle) を参考にして平均的な形状を算出し、実験用標準ねじを製作した。このねじの形状パラメータは山径 6.0mm, 谷径 4.0mm, 山幅 0.6mm, ピッチを 2.0mm~5.0mm の6段階 (2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 5.0mm) とした。また、非挿入材には、1~2才の新鮮なウシ腰椎骨を用い、最大締め付け力の測定には島津サーボパルサ EHF-ED5 形を使用した。

引き抜き力と締め付け力共にピッチ 3mm のねじで最も大きな力が生じている。(Fig.2)

3. 方法

実験結果と比較するために、実験用ねじと同じ外径 6.0mm, 内径 4.0mm とした。ピッチは 2.0mm~4.0mm まで 0.5mm ごとに変えた。(Fig.3) そして、形状パラメータの異なる5種類のねじと、そのねじの形状に合わせた骨をモデリングし組み合わせた。(Fig.4) なおモデリングには、Solid Edge Ver.14 を用いた。

FEM ソフトウェア ANSYS Workbench Ver.7.0 DesignSpace でモデルを読み込み解析を行った。材料定数は、ねじと骨のヤング率をそれぞれ 193GPa, 100MPa, ポアソン比をそれぞれ 0.3, 0.2, 降伏応力をそれぞれ 250MPa, 2MPa とし、均質で等方性を仮定した。

また荷重及び拘束条件は実際の固定を想定し、外側面を固定、断面を強制変位 (X, Y 方向にそれぞれ 0mm) とした。上端面はプレートにより押さえつけられるとして締め付け力に応じた圧力を負荷し、解析を行った。(Fig.5) 応力の高くなった点 (ねじ山の頂付近) をねじ山ごとに取り上げて応力を調べ、まとめた。

4. 結果

応力の高くなった点がねじ山の頂部に主に生じた。

(Fig.6) ねじ山ごとに最大となった相当応力を調べ、Fig.4 で示したような①, ②のねじ山を一对の組み合わせとして、それぞれ一組のねじ山で最大相当応力の平均値

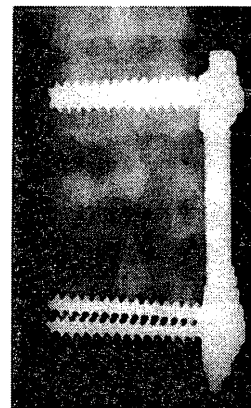


Fig.1 Example of Screw Fixation of Spine .⁽¹⁾

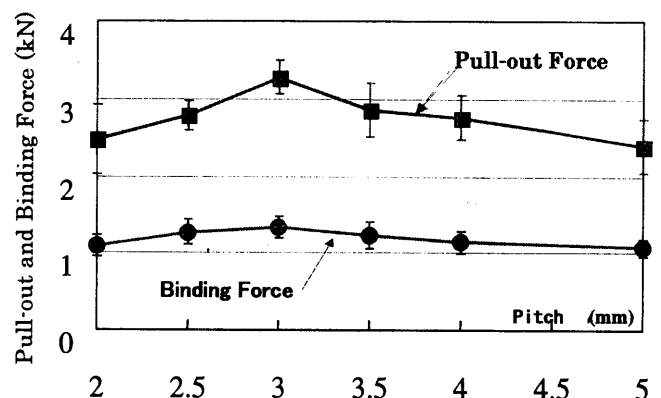


Fig.2 Relation of Pitch and Pull-out Force and Binding Force.

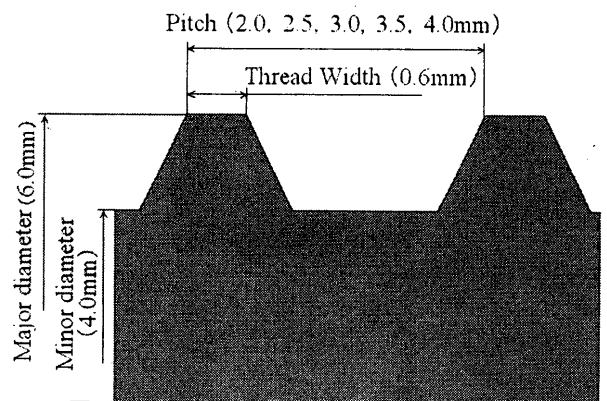


Fig.3 Screw Cross Section.

を求め、グラフにした。(Fig.7) このグラフでは、ねじ頭側で高い応力が生じていることがわかる。これは Zhang らによる研究³⁾と一致する。ねじ頭側から 4mm の点の応力を最大相当応力として Fig.7 より、各モデルごとに求めた。(Fig.8)

Fig.2 によれば、ピッチ 3.0mm の前後で締め付け力が低くなり、ピッチ 3.0mm のモデルが最も良い結果が得られた。しかしながら Fig.8 によると、ピッチ 2.0mm と 3.0mm で応力が低くなり、ほとんど等しい値が得られるという結果になった。

5. まとめ

応力の傾向は、ねじ頭側のねじ山に高い応力が現れた。

実験と FEM 解析とは、ピッチ 2.0mm のモデルのみ同じ傾向とならず、他のものでは同じような傾向を示した。

参考文献

- (1) 高橋和久, 胸腰椎移行部損傷に対する Anterior two-rod plate 手術, 脊椎脊髄ジャーナル Vol.8 No.3(167-250), p211-217, 1995.
- (2) Nguyen Son, 丸山公一, 玉木保, 高橋和久, 山縣正庸, 脊柱固定用ねじの締め付け特性と挿入ねじ界面近傍の骨構造, 第 11 回バイオエンジニアリング講演会秋季セミナー(新潟) - 日本機械学会講演論文集 No00-26 p159-160, 2000.
- (3) Q.H. Zhang, S.H. Tan, S.M. Chou, Investigation of fixation screw pull-out strength on human spine, Journal of Biomechanics 37 479-485, 2003.

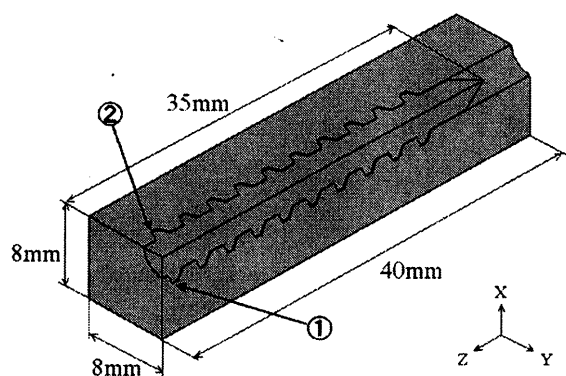


Fig.4 Model of Bone and Screw.

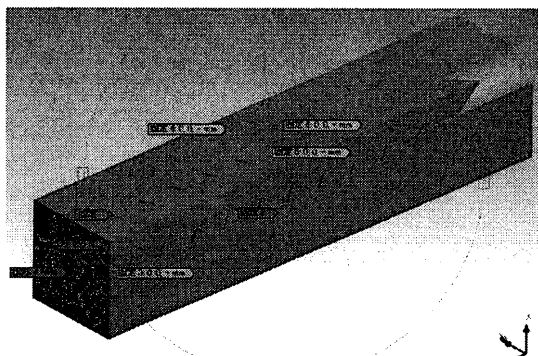


Fig.5 Load and Restraint Conditions.

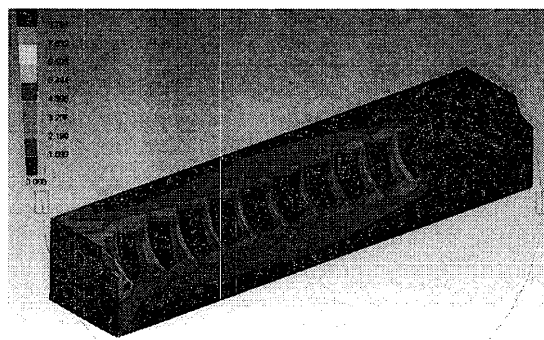


Fig.6 Stress Distribution of P3.0 Model.

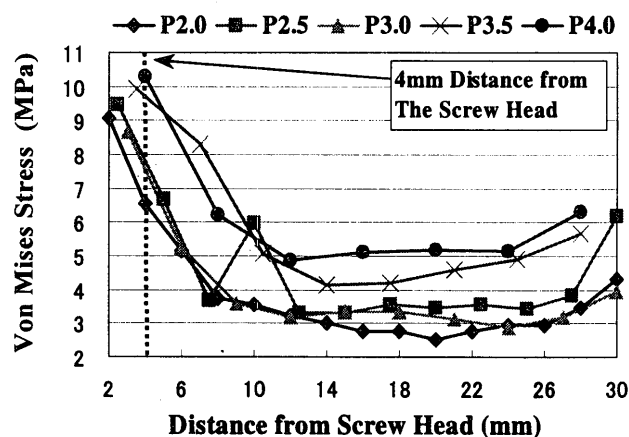


Fig.7 Relation of Peak Stress of 4mm from Screw Head.

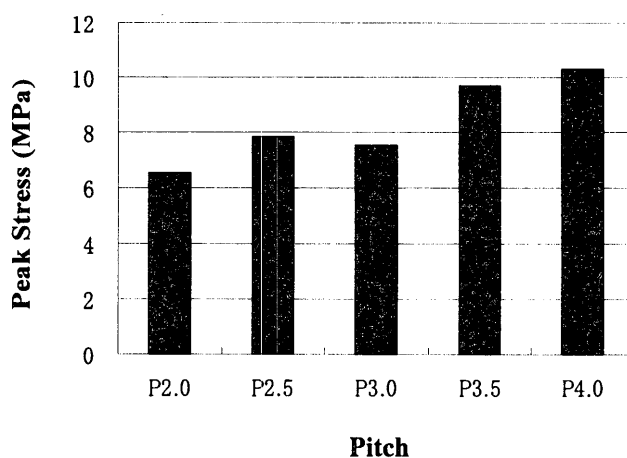


Fig.8 Relation of Peak Stress of 4mm from Head to The Different Pitches.