

K6-16

シートベルト外傷による腸管破裂を解析するための物理モデルの構築

Construction of Physical Model to Analyze Intestinal Tract Burst by Seat Belt Injury

○長谷川洋平¹, 富永茂², 岡野道治²*Yohei HASEGAWA¹, Shigeru TOMINAGA², Michiharu OKANO²

Abstract: The purpose of this study is experiment on the physical model that simplified structure of the human body with production to study injury mechanism of the abdominal pressure with the seat belt at the time of the automobile collision. The abdominal physical model consists of three elements, an intestinal tract model, an abdominal spring-damper model, and a spinal column model. The experiment investigated the mechanical properties of the intestinal tract model. The error with the human body became 8.0% of growth rate of the intestinal tract model, 7.0% of break stress.

1. はじめに

シートベルトは、急ブレーキや自動車衝突の際に車にかかる加速度を検知してベルトをロックする働きを持っている。この働きにより、自動車衝突時の乗員の車外放出や車内での二次衝突を防ぎ乗員の死亡事故の減少に貢献している。しかし、シートベルトを着用することで、腹部を損傷し死亡事故が起きる可能性があり、その要因としてシートベルト外傷が挙げられる。また、外傷が起きる際に発生する物理量の測定ができないため、腹部の傷害基準が確立されておらず、問題視されている。

シートベルト外傷の研究では、主に屍体や動物、物理モデル、PCモデルなどが用いられる^{[1][2]}。本研究では、実測値が得られ個体差がない物理モデルを採用する。

したがって、本研究では自動車前面衝突時のシートベルト外傷を調べるため、腹部物理モデルを構築し、現象の確認及び相関のある物理量の検討を行う。

2. シートベルト外傷

シートベルト外傷が起きる要因としては、シートベルトの不適切な着用やサブマリン現象が挙げられる。サブマリン現象とは、自動車前面衝突時に腰ベルトが腹部上部にずり上がることを言う。このような状況下でベルト直下に圧力がかかった場合に外傷が発生する。シートベルト外傷のメカニズムに関しては、主に以下の3つが挙げられる^[1]。

- ① 直達力による腸管損傷
- ② 内圧上昇による腸管破裂
- ③ 腸管の虚血性変化

これら3つのシートベルト外傷のメカニズムをFig.1に示す。

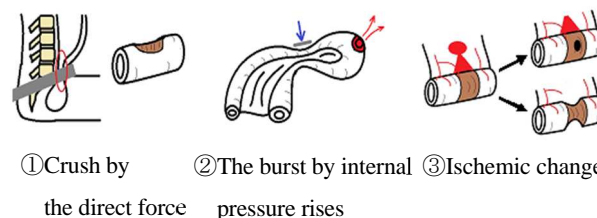


Figure.1 Mechanism of seat belt trauma

①, ③の外傷は先行研究^[1]により確認されている。しかし、②の内圧上昇による腸管破裂に関しては、先行研究で小腸では見られず直腸で破裂が確認されている。本来、シートベルト外傷による腸管破裂は小腸などで起こるため、この結果からは力学的検討がなされていないと考える。したがって、本研究では内圧上昇による腸管破裂に着目する。

3. 腹部物理モデル

シートベルト外傷は、腰ベルトによって伝達する衝撃が、骨や脂肪にも吸収されながら、脊柱と腹壁に挟まれている腸管に伝わることによって発生する。そのため、腸管の他にも骨格と脂肪などのモデルが最低限必要と考える。したがって、本研究で製作する腹部物理モデルは、腹腔内臓器を再現した腸管モデルと脂肪や筋肉の要素から構成された軟組織モデル、脊柱を模した骨格モデルの3要素を製作する。腸管モデルは、人体腸管に近い機械的特性を持つ材料を用いて製作を行う。また、軟組織モデルは先行研究^[3]で用いられているバネ-ダンパ系を用いて作成する。この3要素を組み合わせたモデルを腹部物理モデルとする。(Fig.2)

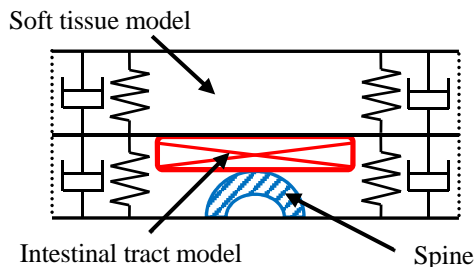


Figure.2 Abdomen physical Model

4. 腸管モデル

4.1 材料選定

人体腸管の機械的特性として、伸び率・破断応力の2種類であることが先行研究^[3]より調査されている。そのため、伸び率・破断応力に着目しモデルの実現を図る。腸管モデル製作する上で上記の同一特性を再現するため、近い機械的特性を持つシリコン(信越シリコン KE-17)を採用する。

4.2 製作方法

人体腸管の腹壁の厚さは解剖学より 2mm であることが調査されている。そのため、人体腸管の腸壁の厚さ 2mm を再現するために塩ビ管を用いた型を使用し、腸管モデルを製作する。製作方法として、直径 30mm の塩ビ管の中にシリコンを充填させ、直径 26mm の塩ビ管を押し入れる事で腸管モデルを製作する。また、シリコンの粘性が高いため、型へ充填させる際に大きな気泡が生じてしまう。気泡の発生は、腸管モデルにおいて局所的な強度の低下に繋がるため、減圧器を用いてモデルの製作を行った。Fig.3 に製作キットを示す。

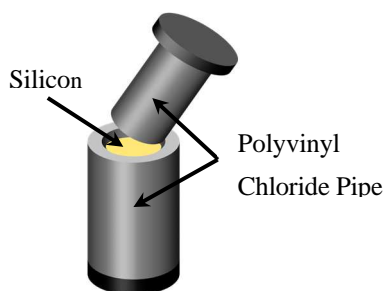


Figure.3 Production kit

5. 機械的特性の調査

5.1 目的

実際に製作した腸管モデルが、人体腸管の機械的特性を再現できているか比較検討を行う。実験手法として、先行研究^[4]より用いられている引張試験を採用し、腸管モデルの伸び率・破断応力を測定する。

5.2 実験装置及び実験方法

実験装置は、バネばかり・ビデオカメラ・重りを用いて行った。実験方法として、重りを徐々に増やし試験片に荷重を掛けていき、変形量及び荷重をバネばかりとビデオカメラで測定する。

5.3 実験結果・考察

引張試験を行い、実験より得られた伸び率・破断応力より応力-伸び線図を Fig.4 に示す。

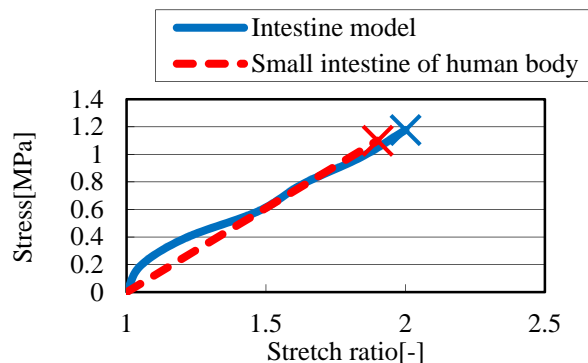


Figure.4 Stress-Stretch Diagram

製作した腸管モデルと人体腸管を比較したところ、伸び率の誤差は、8.0%となった。また、破断応力の誤差は、7.0%となった。この結果から、製作した腸管モデルは、人体腸管の機械的特性を再現できていると考える。しかし、モデルの厚みにバラつきが見られたので、改良が必要である。

6. まとめ

自動車衝突時にシートベルトの圧迫によって発生する“内圧上昇による腸管破裂”に着目し、研究を行った。その際、腹部物理モデルとして、腸管モデルを製作した。そして、引張試験を行い、人体腸管の生体忠実度を確認した。その結果、人体腸管との誤差は、伸び率 8.0%、破断応力 7.0% になり忠実度の高いモデルを作ることが出来た。

7. 参考文献

- [1] J. S. Williams et al: *The Automotive Safety Belt: in Saving a Life May Produce Intra-abdominal Injuries.*, The journal of trauma, Vol. 6, pp.302-315,1966
- [2] Xavier Trosseille et al: *Abdominal Response to High - Speed Seatbelt Loading.*, Stapp Car Crash Journal, Vol. 46, pp. 71-79,2002.
- [3] Viacheslav I.Egorov et al : “Mechanical properties of the human gastrointestinal tract” , Journal of Biomechanics , Vol.35 , pp1417-1425 , 2002.