

課題名 (タイトル) :

人体モデルを用いたマットレス・生体組織変形のシミュレーション

利用者氏名 : 船井 孝

所属 : 社会知創成事業 イノベーション推進センター VCAD システム研究プログラム
生物基盤構築チーム

1. 本課題の研究の背景、目的

生体力学シミュレーション技術は、これからの超高齢社会における製品開発で、身体にかかる負担をシミュレーションで予測できる有効な手法であり、静岡県工業技術研究所と理化学研究所は平成 18 年度より共同研究を行っている。平成 21 年度からは、これまでの研究成果を製品開発に応用するための研究と位置付け、生体力学シミュレーションで得られた結果に基づいたマットレス開発について研究を実施している。

シミュレーションを用いてマットレス開発を行う際には、マットレスの素材の変形挙動を精度よく再現できる物性値が必要となる。本研究では、マットレスの素材となる軟質ポリウレタンフォームの圧縮試験からシミュレーションに活用できる物性値の算出を行った。また、算出した物性値の妥当性を検証するためのシミュレーションを実施し、材料試験および検証実験の結果と比較した。

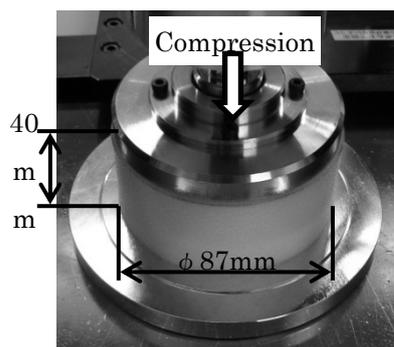


Fig.1 Compression test

2. 具体的な利用内容、計算方法

2.1. 物性値の算出

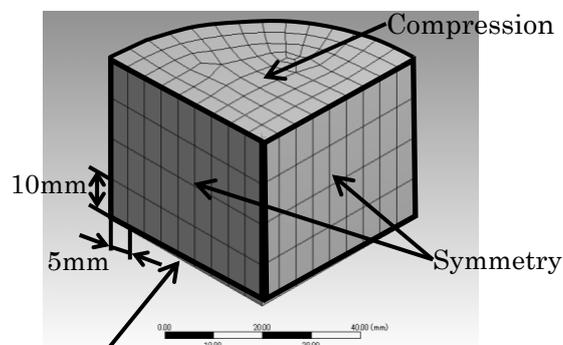
シミュレーションで軟質ポリウレタンフォームの変形を再現するためには、材料試験から得られる素材の物理的特性を、シミュレーションで活用できる物理モデルとして近似する必要がある。本研究では、材料特性の物理モデルパラメータを得るために、直径 87mm、厚さ 40mm の円柱型試験片を作成し、軟質ポリウレタ

ンフォームの圧縮試験を行った (Fig.1)。試験は 5mm/min. の速度で 30mm 圧縮することとし、変位 0~20mm 間は 1mm、20~30mm 間は 2mm 圧縮するごとに停止させ、3 分後の荷重を読み取った。圧縮試験の結果を ANSYS12.1 のカーブフィッティング機能を使い、超弾性モデルの Ogden-foam に近似し、材料特性の物理モデルパラメータを算出した。

2.2. 圧縮試験の再現シミュレーション

2.2.1. シミュレーションモデルの作成

2.1 で算出した材料特性の物理モデルパラメータが軟質ポリウレタンフォームの圧縮挙動が再現できることを確認するため、圧縮試験を再現するシミュレーションを実施した。シミュレーションモデルは圧縮試験に使用した試験片と同じ形状とし、計算時間の短縮と境界条件の設定を容易にするため、1/4 モデルとした。作成したシミュレーションモデルおよび、境界条件を Fig.2 に示す。シミュレーションでは厚さ 40mm の軟質ポリウレタンフォームを 10mm まで圧縮するため、圧縮方向の大きな変形でメッシュの潰れが発生しないように、圧縮方向に 10mm、圧縮方向に垂直な方向に 5mm の六面体メッシュを作成した。



Lower surface:

Top and bottom direction restriction
Fig.2 Compression test model

2.2.2. シミュレーション方法

シミュレーションは RICC の ANSYS12.1 で実施し

た。シミュレーション条件は、初期のサブステップ数を 10、最少サブステップ数を 10、最大サブステップ数を 100 とし、幾何学的非線形を考慮して圧縮部の反力を算出した。材料試験と同様に、変位 0~20mm 間は 1mm ごと、20~30mm 間は 2mm ごとの反力を求めた。

2.3. 物性値の妥当性検証

2.3.1. 検証実験

実験結果を基に算出した材料特性の物理モデルパラメータの妥当性を検証するため、1 辺 400mm、厚さ 40mm の直方体の試験片を作成し、その中心部を直径 100mm の円盤状圧子で圧縮する実験を行った (Fig.3)。実験条件は 2.1 の圧縮試験と同一とした。

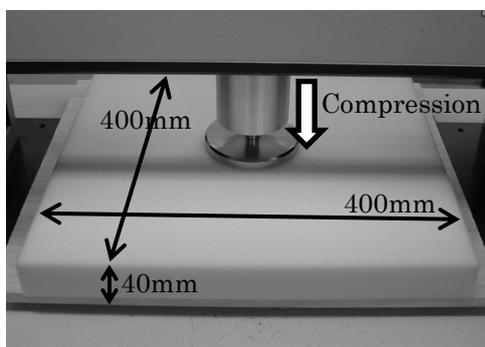
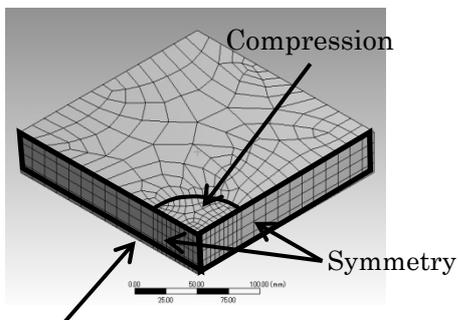


Fig.3 Validation test

2.3.2. 検証実験の再現シミュレーション

検証実験を再現するシミュレーションを実施した。シミュレーションモデルおよび境界条件を Fig.4 に示す。圧縮試験と同様に厚さ 40mm の軟質ポリウレタンフォームを 10mm まで圧縮するため、圧縮方向の大きな変形でメッシュの潰れが発生しないように、圧縮部の直下は圧縮方向に 10mm、圧縮方向に垂直な方向に 5mm の六面体メッシュとした。シミュレーション条件は 2.2.2 の圧縮試験のシミュレーションと同一とした。



Lower surface:

Fig.4 Validation test model

3. 結果と考察

圧縮試験および、その再現シミュレーションから得

られた変位と荷重の関係を Fig.5 に示す。材料試験結果とシミュレーション結果の差の二乗平均平方根を算出すると、0.829 (N) であり、試験結果とシミュレーション結果がよく一致していることがわかる。これらのことから本研究で算出した物性値で、軟質ポリウレタンフォームの圧縮挙動を精度よく予測できることがわかる。

検証実験およびそのシミュレーションから得られた変位と荷重の関係を Fig.6 に示す。この図より、実験結果とシミュレーションは二乗平均平方根で 34.2(N)の違が生じた。直方体の中心を圧縮する実験では、円盤状圧子の周辺に引張りが生じるが、本研究では圧縮試験のみから物性値を算出しているため、引張り挙動は精度よく再現できていないことが原因と考えられる。検証実験の結果をシミュレーションで精度よく予測するためには、圧縮試験を実施し、圧縮挙動も考慮にいれた材料特性の物理モデルパラメータの算出を行う必要があると考える。

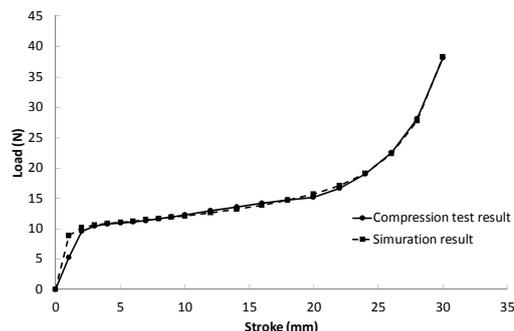


Fig.5 Comparison of a compression test and the simulation

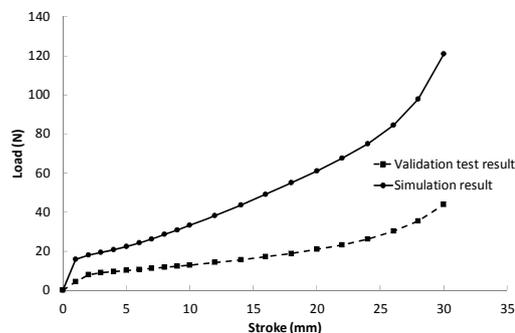


Fig.6 Comparison of a validation test and the simulation

4. まとめと今後の計画

本研究では、圧縮試験の結果を Ogden-foam に近似することで軟質ポリウレタンフォームの圧縮挙動を精度よく再現できることを示した。しかし、圧縮と引張

平成 22 年度 RICC 利用報告書

が混在する検証実験では異なる結果となった。このことから、引張りと圧縮が混在する変形を再現するには圧縮試験だけでは不十分であり、引張り試験の必要性が示唆された。今後は引張り試験を実施し、圧縮と引張りを考慮した材料特性の物理モデルパラメータの算出を行っていく予定である。