



シューズソールの 高機能設計を目指して —樹脂フォーム材料の圧縮シミュレーション—

研究・開発機関 : (株)アシックス スポーツ工学研究所
 利用施設 : 自社内施設
 計算規模 :
 利用ソフトウェア : 3次元画像データ変換ソフト simpleware (Simpleware Ltd.)
 汎用非線形構造解析プログラム Marc (MSC software)

Before

- スポーツシューズにとって、ソールのクッション性や軽量性は重要な機能であり、樹脂フォーム材が広く利用されています。
- しかし樹脂フォーム材は非常に複雑な構造をしており、クッション性が発現されるメカニズムは明らかになっていませんでした。

After

- X線CT画像をもとに微視的な構造まで考慮した樹脂フォーム材の有限要素モデルを作成し、圧縮シミュレーション手法を開発しました。
- シミュレーションの結果、クッション性を向上させるためには、気泡壁の曲げや座屈挙動を適切に調整する必要があることが分かりました。

背景と目的

ランニングシューズに代表されるスポーツシューズのソール(図1の赤い○)部分には、高いクッション性と軽量性を実現するために樹脂フォーム材が多く使用されています。この樹脂フォーム材は図2に示すように、多くの気泡から構成されており、しかもそれらは互いに分離されている独立気泡型です。シューズのクッション性をより高めようとする場合、圧縮された際の樹脂フォーム材の挙動を詳細に把握することが必要不可欠です。

そこで、樹脂フォーム材に圧縮力が作用した際の力学的挙動を解析できるモデルを作成し、シミュレーションを用いてクッション性に影響を及ぼす因子について考察しました。



図1. ランニング中のソールの変形状態

図2. 樹脂フォーム材の電子顕微鏡画像

利用成果

Spring-8 (BL08B2兵庫県ビームライン)にて樹脂フォーム材のX線CT画像を撮影し、その画像を基に、図3に示すような微視構造も考慮した3次元有限要素モデルを作成しました。

上記モデルを用いて、上部から荷重が作用した際の樹脂フォーム材の圧縮シミュレーションを行いました。

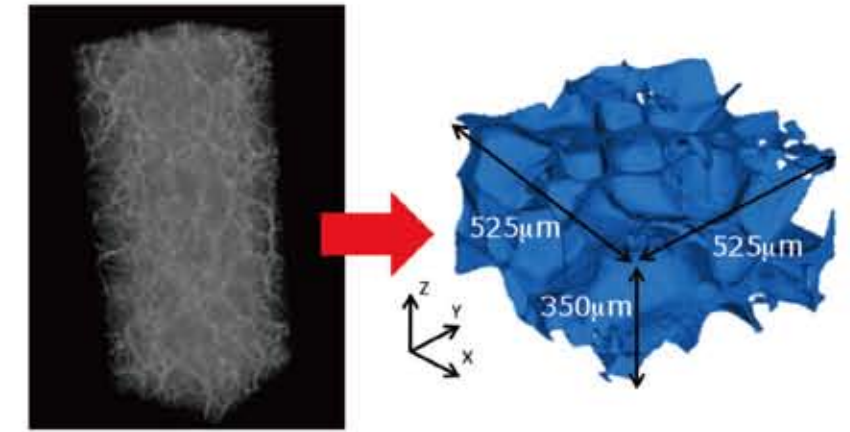


図3. X線CT画像と樹脂フォーム材の有限要素モデル

シミュレーションおよび実験より得られた応力-ひずみ曲線の比較結果を図4の右上に示します。フォーム材の圧縮変形には、弾性率の違いから低ひずみ領域、プラトー領域、緻密化領域の3つの領域が存在します。それら3つの領域において、シミュレーションは実験を概ね再現できていることが分かります。

図4の変形図中の白実線は図3におけるZX平面の中央に位置する気泡の形状を表しています。各時点における樹脂フォーム材の変形の様相から低ひずみ領域では気泡壁の曲げが、プラトー領域では気泡壁の曲げ変形や座屈が、緻密化領域では気泡壁同士の接触を確認することができます。これらのことから、クッション性の設計には、曲げ変形や座屈挙動を支配する気泡壁の厚さや長さが大きく関わることが明らかになりました。

今後も、より高いクッション性の実現を目指し、シミュレーションを用いて最適なソール構造を提案します。

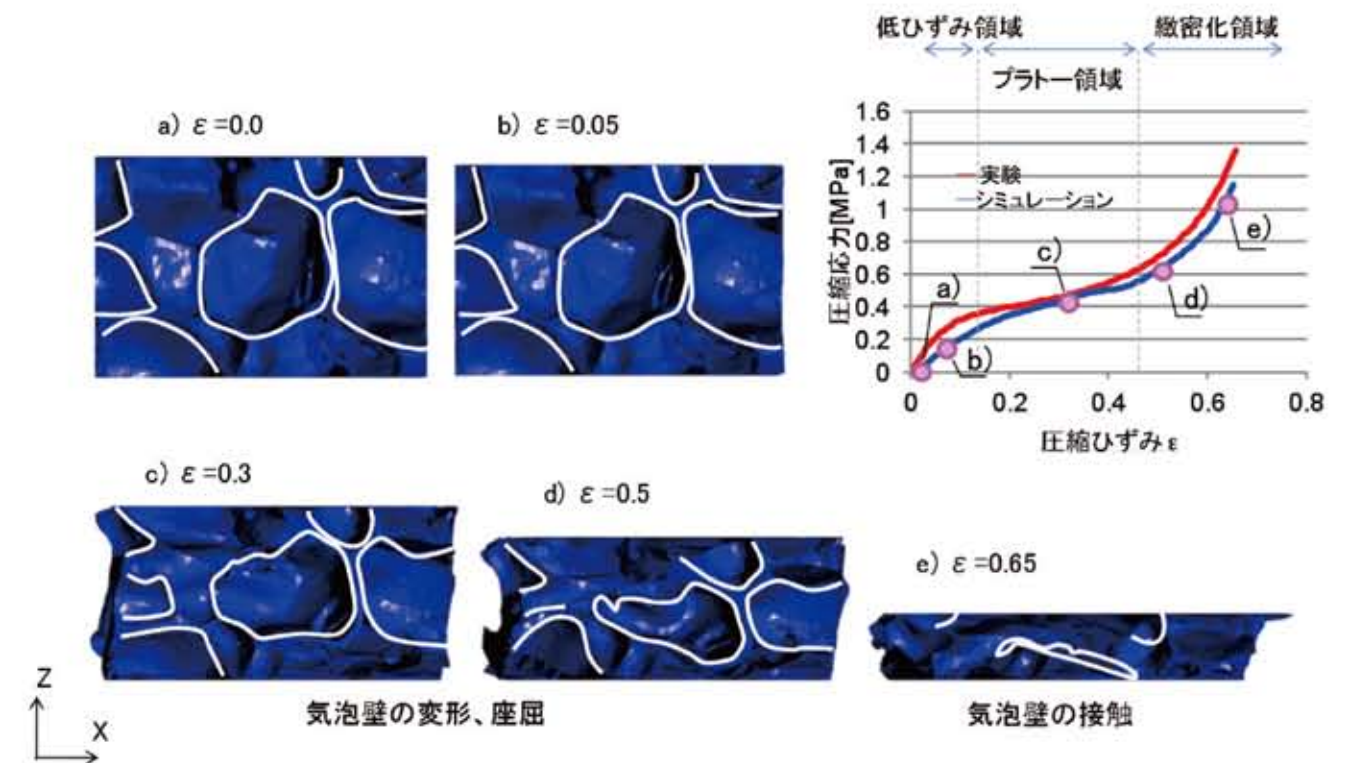


図4. 圧縮力が作用した際の樹脂フォーム材の変形状態と応力ひずみ曲線