

木製履物の設計のための FEM解析の評価

研究・開発機関 : 福島県ハイテクプラザ
 利用施設 : ハイテクプラザ所有PC DELL Precision T5600
 計算規模 : 上記パソコンを用いて解析時間1分程度
 利用ソフトウェア : ANSYS Mechanical Enterprise (R19.0)

Before

- 木製品の製品開発においてはFEM解析を利用した事例が少なく、ノウハウの蓄積も十分ではないため、一般的なFEM解析ソフトの利用に際しての適切な条件設定などは容易ではありませんでした。
- そのため木製品に対してFEM解析を試みても、その計算結果に対してどの程度の妥当性があるかなどを評価することは困難でした。

After

- 木材の特徴である直交異方性の機械物性を解析条件に反映してFEM解析を行いました。
- このFEM解析結果とDIC法と呼ばれるひずみ計測を活用した実試験の結果を比較すると、両者の間に高い関係性が見られました。
- これにより、木製品の变形や破壊箇所推定などへのFEM解析の有効性が確認でき、木製履物への設計に適用しました。

背景と目的

部品に加わる応力や変形を求める方法として使われる有限要素法(FEM)は、均質な材料と仮定できる金属製品の設計で良く利用される解析方法です。しかし、繊維が束ねられた構造で、繊維方向に強く、繊維直角方向に引っ張れば簡単にちぎれるという「機械物性の直交異方性」がある木製品の設計においてはその利用事例が少なく、商品設計などへの適用はハードルの高いものになっていました。



図1 caracoro (カラコロ)

福島県で桐材・桐製品の製造販売を手掛ける佐原桐材店が開発した木製履物「商品名caracoro(カラコロ)」(図1)は、内部が空洞構造で、踏み込むとやさしく沈み込んで衝撃を緩和するユニークな履き心地が特徴です。従来、本製品の開発は実際に履いてみて使用感を確かめたり、製品試験で強度を確かめたりすることを繰り返して行っていました。

そこで、当該企業と福島県ハイテクプラザが協力し、木製履物の製品開発のスピード向上及び品質向上を目指して、FEM解析の導入を試み、その有効性の検証を行いました。

検証は実物の木製履物を対象に実使用を想定した荷重を加える実試験としてDIC法(Digital Image Correlation: デジタル画像相関法、サンプルに塗布された表面のパターンを变形前後で追跡する方法)を用い、FEM解析の結果と比較しました。

利用成果

比較実験は木材の直交異方性を考慮したコの字型試験片と製品の履物を対象にした2種類で行いました。

図2(左)はコの字型試験片を対象にして実験を行った結果です。コの字型試験片に上部より圧縮力を加え、同時にカメラ撮影して、DIC法によりひずみを測定しました。このとき、コの字型試験片が最終的に破壊したところにひずみの集中が確認されました。一方、この試験をFEM解析で計算した結果でも実試験で得られたひずみと同じように、実際の破壊箇所にひずみの集中を確認することができました。

図2(右)は図2(左)と比べて木繊維の方向を90°変化させて同様に実験を行った結果です。左図と同じようにFEM解析の結果で破壊箇所にひずみの集中を確認できました。木繊維の方向(機械物性の直交異方性)を解析条件に反映させることで本シミュレーションの妥当性を示す良い結果が得られました。

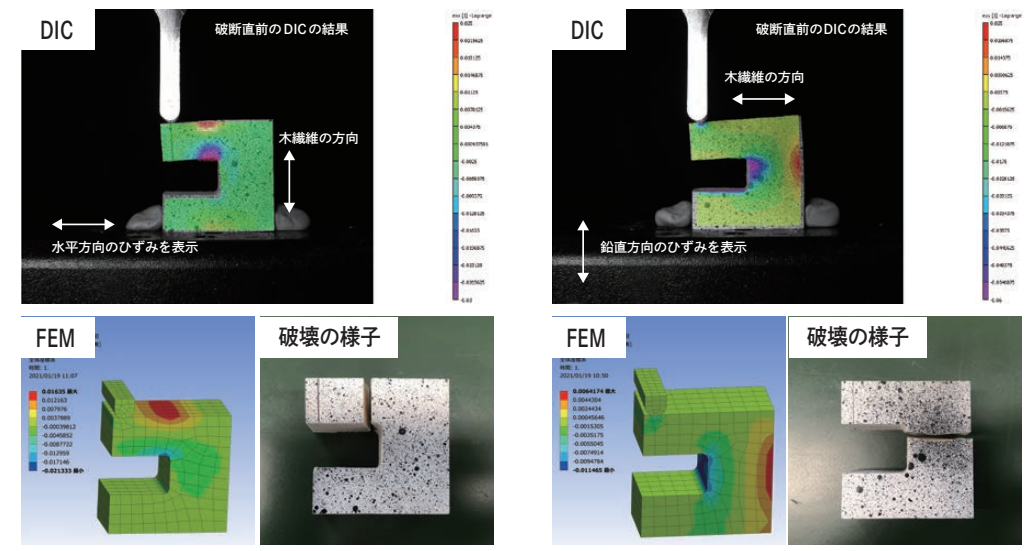


図2 コの字型試験片の実試験(DIC)とFEM解析の結果および破壊後の様子(左: 基準の木繊維の方向、右: 木繊維方向を90°変化)

次に、図3はコの字型試験片と同様の方法の解析を実際の本製品の履物に適用させた結果です。木製品の变形をDIC法とFEM解析で比較することにより本手法の妥当性を確認することができました。

以上の実験から、木製品のFEM解析を実施する際のノウハウを得ることができ、強度と履き心地を両立させる木製履物の新製品のデザイン検討に役立てることができるとともに、商品開発の効率化につながりました。今後、いす等の強度が要求される木製品へFEM解析が活用される事例が増えれば、木製品設計全般にFEM解析を組み合わせたことが一層身近になると思います。このとき接合部分をどのように扱うかが課題になると考えます。

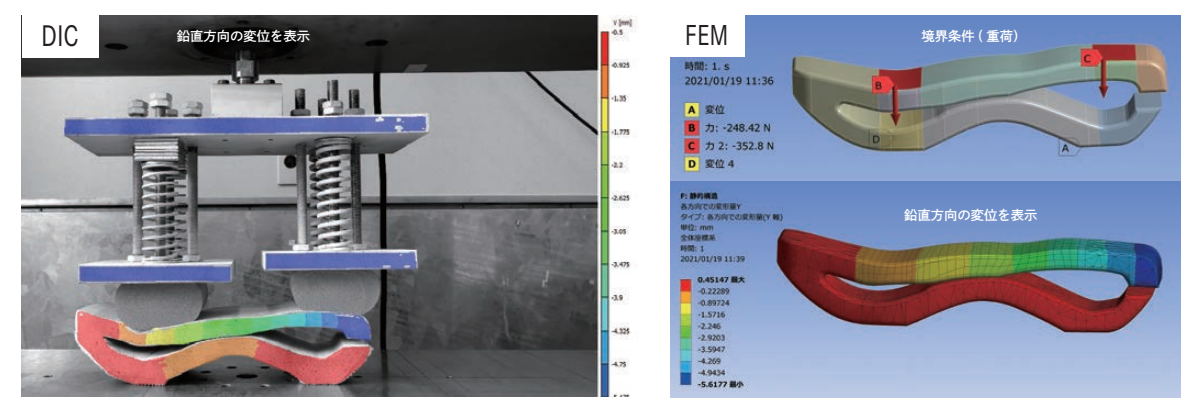


図3 実製品の実試験(DIC法)とFEM解析の結果