

短繊維複合ゴム材料の物性予測シミュレーション —FOCUS スパコン活用による計算の高速化・大規模化—

研究・開発機関 : 三ツ星ベルト株式会社
 利用施設 : FOCUSスパコン Dシステム 最大52ノード使用
 計算規模 : 最大1億4千万自由度程度
 利用ソフトウェア : 有限要素法構造解析ソフトウェア (FrontISTR)

Before

- 短繊維複合ゴム材料の特性は繊維がうねりを持ち、配向や分散状態も複雑であるため理論的な予測は困難でした。
- 近年、この予測には短繊維の影響を反映した材料の微小領域モデルによる構造解析が有効だと分かっていますが、繊維の状態が複雑になると計算規模が大きくなり、十分な領域広さを対象に計算を行うことは困難でした。

After

- FOCUS スパコンを活用した並列計算により、実用的な計算時間で繊維の状態を十分に特徴づけられる領域広さを対象とした大規模なシミュレーションが可能になりました。
- 短繊維複合ゴム材料の物性を精度良く予測することができるようになり、ベルトの機能・寿命に大きく影響を与える適切な材料設計が可能となりました。

背景と目的

スクーターの無段階変速機に用いられているゴムベルトはプーリ（ベルトからの動力を機器に伝える部品）の溝と接触し動力を伝えますが、そこからの押し付け力に対する剛性を確保するため、ベルト幅方向に短繊維を配向（繊維の向きが揃った状態）させた短繊維複合ゴム材料（図1）を使用しています。これによりベルトは動力伝達の機能を果たすことができます。この短繊維複合ゴム材料の剛性がベルトの機能・寿命に大きく影響を与えるため、材料の設計は大変重要なポイントとなります。

図2は短繊維複合ゴム材料断面の顕微鏡撮影画像です。



図1 変速用ゴムベルトと繊維配向方向



図2 短繊維複合ゴム断面拡大図

補強用に用いられる短繊維（ナイロン、アラミド等）はゴムと一緒に混練されるため複雑にうねりを持ち、繊維の向きや分散状態もばらばらしているため、材料の物性予測を行うには短繊維の影響を反映した構造解析が必要となります。

これまで、このような構造解析を社内ワークステーションにより実施していましたが、繊維の状態が複雑なため、1辺が数百マイクロメートル程度の微小領域をモデル化（繊維が10～30本程度しか含まれない）した解析でも計算規模は大きくなり、社内リソースではこれ以上の規模のモデルの解析は実用的ではない状況でした。しかし、この程度の微小領域では繊維の状態を十分に表現することが難しく、精度の良い評価を行うことは困難でした。

そこで、繊維量が十分含まれる領域広さについてシミュレーションを行うことで、材料の応力とひずみの関係を精度良く予測することを目指しました。

■ 利用成果

計算対象領域を大規模にすると、計算時間も増大します。今回はFOCUSスパコンを活用した並列計算による、シミュレーションの大規模化と高速化の両立に取り組みました。

図3は大規模領域シミュレーションによる計算結果です。応力の違いを色で塗り分けており、赤い箇所は応力が高い部分です。短繊維複合ゴム材料において、荷重のほとんどを補強材である短繊維が受け持っていることがわかります。

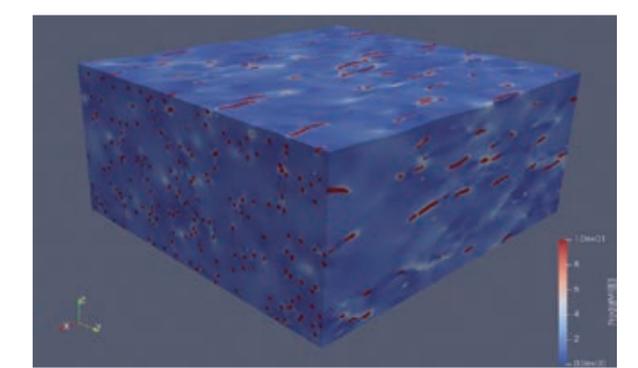


図3 大規模領域シミュレーションの結果

また、大規模領域では微小領域のシミュレーションに比べ、繊維のうねりだけでなく、配向や分散状態も考慮することができるようになります。

図4はシミュレーションによる計算結果と実際の試験による計測結果との比較です。短繊維が繊維配向直交方向の変位を拘束し、配向方向に引っ張っており、その際の公称応力と工学ひずみの関係を比較しました。その結果、大規模な領域をシミュレーションすることで短繊維複合ゴム材料の変形挙動を精度良く予測することができました。

今後もこのような材料シミュレーションを用いて、開発のスピードアップや製品の高機能化に取り組んでいく予定です。

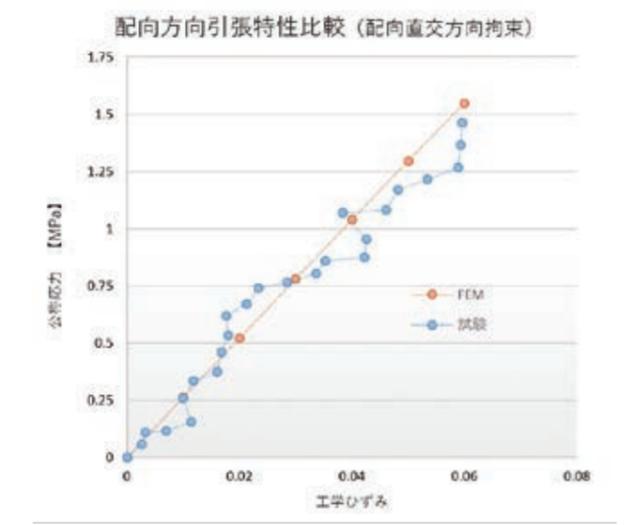


図4 応力ひずみ関係の試験結果とシミュレーション結果比較