

まえがき

本書を読む前に

解析事例

目次

1 章 ゴムの解析基礎	・・・P12
超弾性解析からゴムの解析注意点	
1.1 節 ゴムの超弾性解析概要	
1.2 節 ゴム材料について	・・・P14
1.2.1 項 ゴムとは、ゴムを良く知ること	
1.2.2 項 ゴムの特性の基礎／ゴムゆえの注意点	
1.2.3 項 ゴムの熱時、低温時の特性/温度依存性について	
コーヒーブレイク 001 硬度とせん断弾性率の関係	
1.3 節 ゴムのひずみエネルギー密度関数定義	・・・P21
1.3.1 項 どのように定義するか/二軸試験機の説明	
1.3.2 項 伸張比と応力の算出から	
1.3.3 項 二軸試験機での変形状態	・・・P25
1.3.4 項 二軸試験の意義；なぜ二軸試験が必要か	
1.3.5 項 製品は圧縮領域なのになぜ伸張試験で表現するか[重要]	
コーヒーブレイク 002 ポアソン比について	
1.3.6 項 どの領域のデータを使うか	・・・P29
コーヒーブレイク 003 エネルギー関数、二軸試験と私の関わり合い	
1.3.7 項 実際の回帰例 一軸拘束二軸試験の実際・・・回帰まで・・・P36	
コーヒーブレイク 004 試験機のあれこれ	
1.3.8 項 エネルギー関数と特性線図の関係	・・・P46
(1) Mooney 式と応力	
(2) Ogden 式と応力	
1.3.9 項 回帰係数とヤング率の関係	
1.3.10 項 そのほかのエネルギー表現の工夫	
1.3.11 項 各定義式の優位性	
1.3.12 項 二軸試験ができないとき	・・・P51

コーヒーブレイク 005 ゴムの変形は良く合う変形合う、だから勘違いします

- 1.4 節 ゴムの物理的材料の簡単定義 ・・・P52
- 1.4.1 項 ネオフック式での精度/有効で且つ最も簡単な定義法
- 1.4.2 項 基本的な共通課題：ゼロ点はどこですか？
- 1.4.3 項 ヤング率  $E = \text{応力 } \sigma \div \text{ひずみ}$  の式は正しいか-落とし穴
- 1.4.4 項 ダンベルと短冊の違い
- 1.4.5 項 短冊以外での測定：伸張ではなくディスクの圧縮測定では・・・P59
- 1.4.6 項 真のヤング率を求めるには
- 1.4.7 項 真のヤング率 Part2/ヤング率に関するまとめ
- 1.5 節 超弾性体の解析 -基本的解析の考え方と注意点、熱履歴- ・・・P62
- 1.5.1 項 ゴムの解析基本フロー
- 1.5.2 項 加工工程である熱収縮を考慮する理由
- 1.5.3 項 解析条件、金属要素部の定義 ・・・P68
- (1) ゴムの解析における金属要素の扱い (2) 各パーツの剛性
- コーヒーブレイク 006 体積弾性率について
- 1.5.4 項 材料定義における注意点 ・・・P73
- (1) ヤング率  $\neq$  応力 / ひずみ (2) 硬度 (3) 熱収縮、熱履歴
- (4) 何回目か (5) その他
- 1.60 節 まとめ：エネルギー関数の定義 ・・・P75

\*\*\*トピック：今年の出来事 FORM 材の解析\*\*\*

## 2 章 粘弾性解析 ・・・P76

- 2.1 節 弾性解析概要 -概要と間違えやすいこと
- コーヒーブレイク 007 粘弾性の先生との思い出
- 2.1.1 項 粘弾性解析の基本 -まず気を付けなければいけない事 ・・・P80
- 2.1.2 項 粘弾性データの定義 -実際に定義するには
- (1) 基本定義方法概要 / 既存超弾性係数 + 粘弾性係数 だけでいいの
- (2) 正式な方法での定義 -粘弾性スペクトロメータから
- 2.1.3 項 粘弾性定義の妥当性の確認 ・・・P87
- (1) 短冊の伸張試験での検証

コーヒーブレイク 008 Proney 級数の定義方法

(2) 比例関係について

2.1.4 項 粘弾性解析の定義方法まとめ -理解を深めるため別始点から-

(1) 超弾性域-非線形特性の定義 . . . P92

(2) 粘弾性域-級数の定義

2.1.5 項 実際の解析を実行するにあたっての注意点 -質量密度

コーヒーブレイク 009 ミニチュア検証

2.2 節 粘弾性領域の固有値について . . . P97

2.2.1 項 固有値解析の基本 ~ゴムの固有値への展開 ~

(1) ゴムの固有値解析 1

コーヒーブレイク 010 振動解析からのヒント

(2) ゴムの固有値解析の実際 -初期応力考慮-

(3) ゴムの固有値解析 2 -直接ゴムの固有値を求める場合の手法

(4) ゴムのテトラ要素での固有値解析とその周辺の考察

コーヒーブレイク 011 原点修学旅行とノートまとめ癖

(5) 固有値と製品設計の関係 ○防振製品豆知識 . . . P84

(6) 粘弾性を考慮した固有値解析に関する考察

-ハンマリングとスウィープピークの違い-

2.3 節 粘弾性解析の実際 . . . P107

2.3.1 項 時刻歴解析-過渡応答解析

・ 一般定義 ・ 正弦波振動 ・ 地震波解析

2.3.2 項 粘弾性の課題と事実

2.3.3 項 マスと重力加速度について

2.3.4 項 応力緩和解析の簡易方 . . . P113

2.3.5 項 静摩擦から動摩擦への展開

2.3.6 項 粘弾性特性予測の不思議

2.3.7 項 粘弾性解析への応用/長期へたりへの展開

コーヒーブレイク 012 ポアソン比再び

2.4 節 粘弾性解析のまとめ . . . P120

3 章 熱解析－熱膨張・熱伝導・熱伝達	・・・P122
3.1 節 熱解析概要	
3.2 節 特性予測から必要に迫られての熱収縮解析	
3.3 節 金型・製品形状の予測／熱収縮・熱膨張解析	
(1) 防振ゴム製品の例	
(2) シール製品：金具接着タイプリップシール形状の例	
(3) 型設計の工夫	
3.4 節 ゴムの加硫状況の予測	・・・P129
(1) 大型製品の加硫時間の短縮：昇温時間の予測	
(2) その他の加硫状況の確認	
(3) ポストボンド（後接着）について	
3.5 節 熱的データの構築方法	・・・P134
コーヒーブレイク 013 コーヒーブレイク・閉空間でのゴムの硬さ	
3.6 節 解析方法-手順	
3.7 節 誤差について	
4 章 耐久性予測	・・・P140
4.1 節 耐久性予測の必要性	
4.2 節 耐久性に関する文献の模倣	
4.3 節 製品適用-製品の耐久性について	
4.4 節 ゴムは応力で評価してはいけない	
4.5 節 熱老化、時間変数の換算	
コーヒーブレイク 014 初心者のときの失敗：主応力	
4.6 節 摩擦、摩耗・・・ブーツの耐久性	・・・P150
コーヒーブレイク 015 思い付き夢の中・座屈に対する解決ポイント	
5 章 解析のヒントと解析予測精度を向上させるポイント	・・・P120
5.1 節 解析フローから	
5.1.1 項 大変形解析用メッシュの基本	

- (1) 大変形、変形を考慮したメッシング
- (2) 必要な細部を表現できるように切る、ということ
- (3) 接触解析での疑似フィレットとゼロ隙間の落とし穴
- (4) メッシングの実際、参考として
- (5) 要素選択

コーヒーブレイク 016 メッシュの切り方の基本、フランスでの研修\*

5.1.2 項 拘束条件 ・・・P158

5.1.3 項 解析ステップ：非線形ゆえのステップの難しさ

5.1.4 項 解析結果の見方と注意点

- (1) ひずみ出力について/耐久性の項でも説明
- (2) 金属との境界でのゴムのひずみの見方
- (3) 応力と面圧の違い

コーヒーブレイク 017 圧力と掃除機の不思議な関係

5.2 節 ゴムの特徴から ・・・P163

5.2.1 項 残留ひずみ-おさらい

5.2.2 項 寸法公差・剛性公差

5.2.3 項 金具の寸法精度と絞り加工 ・・・P166

5.2.4 項 要素分割の基本と精度の関係

5.2.5 項 シールリップ部の詳細な先端の変形を確認する解析

コーヒーブレイク 018：固有値解析、熱的解析に必要な質量密度について

5.2.6 項 モデル簡略化 ・・・P170

i) クランクシャフトの shell/Beam

ii) shell 要素での布表現

5.2.7 項 条件と結果の見方

5.2.8 項 発熱/粘弾性・摩擦・摩耗

5.2.9 項 ゴムの解析のまとめ

謝辞 ・・・P174

参考文献 ・・・P176

おわりに

筆者経歴      / 索引