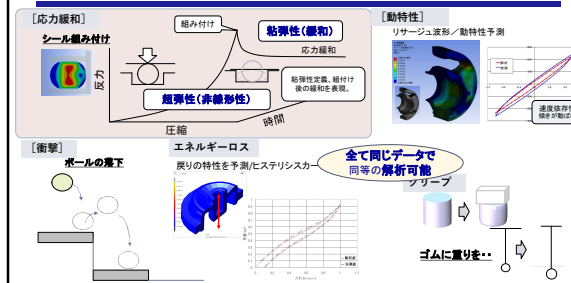


解析でできること/サポート可能な内容

ゴムの関連解析について、導入後の実用化でできること

- I 線形解析でも注意が必要
- II ゴム、樹脂の基本解析
- III ゴムの整形に関する解析
- IV **動的、粘弾性**
クリープも別定義不要、粘弾性解析でできること
- V ゴムの耐久性検討
- VI 解析技術
- VII 予測精度と勘違い
- VIII スポンジゴム/発泡材料への展開
- IX 効率化、自動化

粘弾性解析でできること 当たり前のことでクリープも含めて同じデータで解析



粘弾性解析であれば？ なぜ合わないのと感じたことないでしょうか。

粘弾性解析は、**超弾性+粘弾性緩和係数**で定義します。

超弾性定義 + 粘弾性定義

Mooney式

$$W = C_{10}(I_1 - 3) + C_{01}(I_2 - 3) + C_{11}(I_1 - 3)(I_2 - 3) + C_{20}(I_1 - 3)^2 + C_{02}(I_2 - 3)^2$$

Ogden式

$$W = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\alpha_i} (\lambda_1^{\alpha_i} + \lambda_2^{\alpha_i} + \lambda_3^{\alpha_i})$$

緩和Prony級数

$$\sigma(t) = \epsilon(t) \sum_{i=1}^n E_i e^{-t/\tau_i} + \epsilon(t) E_\infty$$

緩和(Ei)

0.05000	1.0000e-10
0.35000	1.0000e-08
0.30000	1.0000e-07
0.20000	1.0000e-05
0.02000	1.0000e-01
0.03000	1.0000e+01
0.01500	1.0000e+03
0.01200	1.0000e+05

時間(t)

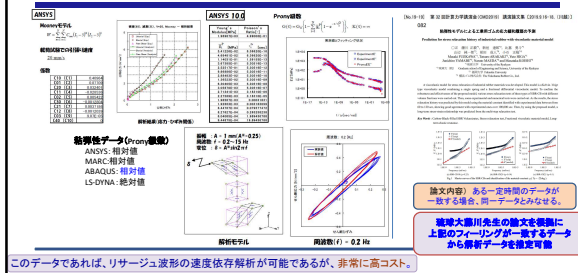
0.05000	1.0000e-10
0.35000	1.0000e-08
0.30000	1.0000e-07
0.20000	1.0000e-05
0.02000	1.0000e-01
0.03000	1.0000e+01
0.01500	1.0000e+03
0.01200	1.0000e+05

両方のデータが必要ですが、定義にはコツが必要です。
勘念ながら足し算のみでは使えません。

丁寧に測定してしっかり定義したはずなのに、何故か結果が思わしくないということはないか？

非線形CAE協会では丁寧に測定した広範囲のデータが公開されています。

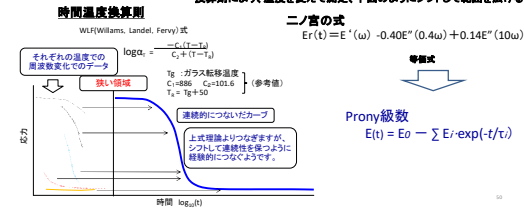
非線形CAE協会のゴム材(一例)



広範囲での定義には時間温度換算WLF測が必要です。

実際の定義について

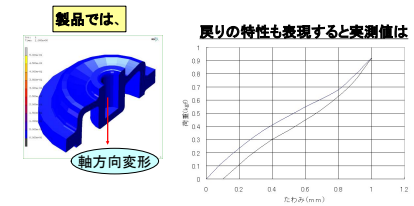
一般的な粘弾性スペクトロメータは、0.1~110Hz程度の測定範囲であり、測定範囲が狭いため、時間温度換算により、温度を変えて測定、下面のようにシフトして範囲を広げる。



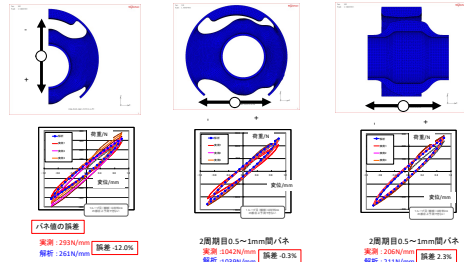
非線形CAE協会の公表データは、この方法で10⁻¹²~10⁴秒程度まで適用範囲を大幅に広げている。

粘弾性特性について
ヒステリシスの考え方

ゴムの物性評価と試験法

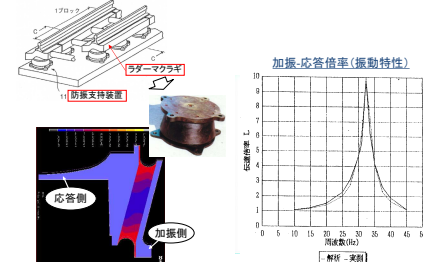


粘弾性特性予測データベースの構築

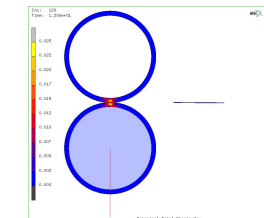


ゴールの整合・調整

例) ラダー型防振ゴムの応答解析



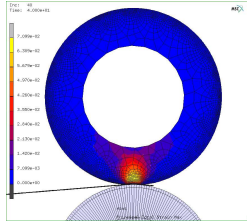
コピー用紙送りローラーの解析



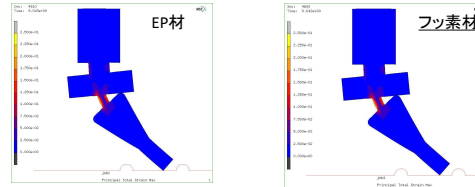
ゴムローラーへの応用

解析モデル概要

変形概要 (ひずみ分布)



ブレードラバー変形解析 材質による挙動の違い

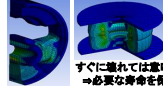


解析でできること/サポート可能な内容

- ゴムの関連解析について、導入後の実用化でできること
- I 線形解析でも注意が必要
 - II ゴム、樹脂の基本解析
 - III ゴムの整形に関する解析
 - IV 動的、粘弾性
 - V **ゴムの耐久性検討**
いかに耐久性を予測するか、実験は最低限で必須
 - VI 解析技術
 - VII 予測精度と勘違い
 - VIII スポンジゴム/発泡材料への展開
 - IX 効率化、自動化

耐久性とは何か

どのような製品も寿命がある



なぜか？

全く同じ変形でも、**ゴム硬度で応力が異なる。**
同変形時
ゴムは40HS ⇒ 0.4MPa (目安)
60HS ⇒ 1.0MPa (目安)
75HS ⇒ 1.8MPa (目安)
※伸び率、変形時、硬さ高いと伸び率も大きく
耐久性能下という事実も。

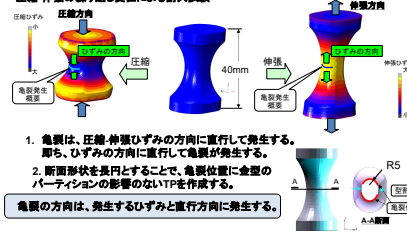
鉄のヤング率は、ほぼ210000MPa
変形が同じなら応力は同じ。
⇒ ゴムは違う。
同じ変形では同じひずみ
⇒ ひずみで判断する。

58

世界各地で検討されている

耐久性指標 最近の事例/疲労で検定するとかかなり多くの国での研究...

実際に、皇田合成製の疲労寿命予測用TP作成、耐久試験を実施。
圧縮-伸張の繰り返し変位による耐久試験



- 亀裂は、圧縮-伸張ひずみの方向に直行して発生する。
即ち、ひずみの方向に直行して亀裂が発生する。
- 断面形状を長円とすることで、亀裂位置に金型の
パーティションの影響のないTPを作成する。

亀裂の方向は、発生するひずみと直行方向に発生する。

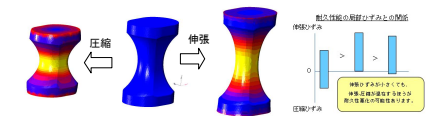
59

耐久性指標の検討

皇田合成製の文献を再調査した結果

1980年代の文献ですが、現在、
世界中で研究が進んでいます。

疲労寿命を予測するための、ひずみ-耐久回数Nを実験できるTPを作成



熱劣化、ダメージ



耐久性、熱劣化については
相当の時間をかけて研究してきました。
ご相談ください。

耐久性、熱劣化、熱劣化、なんでもご相談ください。
皇田合成株式会社
http://pccat.jp

耐久性のe-N線図作成方法

どのように耐久性のe-N線図を構築するか

手順

① 解析結果より、ひずみの大きい部位を確認、耐久条件→□mm ~ +□mmの変形ピーク時の増すひずみの大きい部位を特定する。

② 反対側変形時の同位置の圧縮ひずみの値を確認。

③ ひずみの大きさと方向を整理する。

A部 → □mm変形時の伸張ひずみと+□mm変形時の圧縮ひずみが、亀裂の発生方向と相関がある。→亀裂発生予測部位

B部 → □mm変形時の圧縮ひずみと+□mm変形時の伸張ひずみが、亀裂の発生方向と相関がある。→亀裂発生予測部位

C部 → 伸張ひずみの方向が半径方向のため、亀裂の方向との相関が見られない。→亀裂発生予測部位から除外する。

ひずみの方向と大きさから、亀裂の発生しやすい部位を特定して、 耐久性のe-N線図から疲労寿命を判断する。

ひずみの方向と大きさから、亀裂の発生しやすい部位を特定して、 耐久性のe-N線図から疲労寿命を判断する。

ひずみの方向と大きさから、亀裂の発生しやすい部位を特定して、 耐久性のe-N線図から疲労寿命を判断する。

ひずみの方向と大きさから、亀裂の発生しやすい部位を特定して、 耐久性のe-N線図から疲労寿命を判断する。

ひずみの方向と大きさから、亀裂の発生しやすい部位を特定して、 耐久性のe-N線図から疲労寿命を判断する。

ひずみの方向と大きさから、亀裂の発生しやすい部位を特定して、 耐久性のe-N線図から疲労寿命を判断する。

ひずみの方向と大きさから、亀裂の発生しやすい部位を特定して、 耐久性のe-N線図から疲労寿命を判断する。

ひずみの方向と大きさから、亀裂の発生しやすい部位を特定して、 耐久性のe-N線図から疲労寿命を判断する。

ひずみの方向と大きさから、亀裂の発生しやすい部位を特定して、 耐久性のe-N線図から疲労寿命を判断する。

ひずみの方向と大きさから、亀裂の発生しやすい部位を特定して、 耐久性のe-N線図から疲労寿命を判断する。

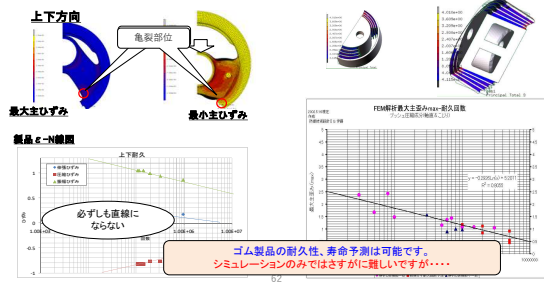
ひずみの方向と大きさから、亀裂の発生しやすい部位を特定して、 耐久性のe-N線図から疲労寿命を判断する。

ひずみの方向と大きさから、亀裂の発生しやすい部位を特定して、 耐久性のe-N線図から疲労寿命を判断する。

ひずみの方向と大きさから、亀裂の発生しやすい部位を特定して、 耐久性のe-N線図から疲労寿命を判断する。

耐久予測の実例

耐久性指標



ゴムの耐久性、寿命予測は可能です。
シミュレーションのみではさすがに難しいですが...

ゴム製品

耐久性コントロール

加硫温度による収縮、絞り率の違いで残留ひずみキャンセル

加硫工法の違いにより収縮も異なる。

加硫後の状態

加硫後の状態

加硫後の状態

加硫後の状態

加硫後の状態

加硫後の状態

加硫後の状態

加硫後の状態

加硫後の状態

加硫後の状態

加硫後の状態

加硫後の状態

加硫後の状態

加硫後の状態

加硫後の状態

加硫後の状態

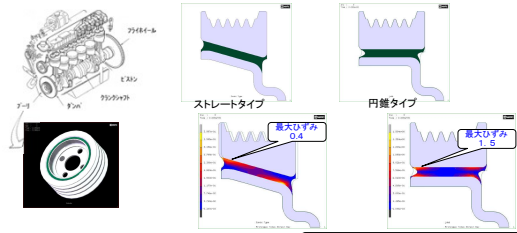
加硫後の状態

加硫後の状態

加硫後の状態

63

耐久性コントロール



64

形状、製造工程により残留ひずみが変わる。

解析でできること/サポート可能な内容

ゴムの関連解析について、導入後の実用化でできること

- I 線形解析でも注意が必要
- II ゴム、樹脂の基本解析
- III ゴムの整形に関する解析
- IV 動的、粘弾性
- V ゴムの耐久性検討
- VI 解析技術
 - 周期対称、AxiTo 3D (2次元から3次元解析へ)、ほか
- VII 予測精度と勘違い
- VIII スポンジゴム/発泡材料への展開
- IX 効率化、自動化

Cyclic_symmetry機能

【機能概要】

モデル及び条件が周期対称であるもの。
全モデルでなくN分の1モデルで解析可能。

例) 切り欠きを持つモデルの振じり変形解析

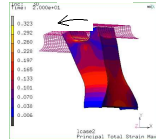
センタマックス

切り欠きが無ければ
2D軸対称モデル
解析可能

Cyclic_symmetry機能

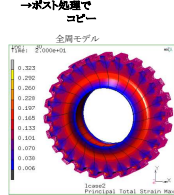
効果1 解析時間の大幅短縮

振じり変形後



時間	メモリ
1/24 32分 53MB	
全周 10時間 1GB	

客先提出時
→ポスト処理で
コピー



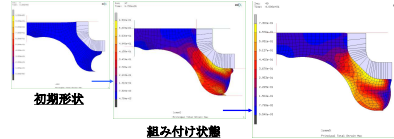
効果2 簡単に使用可能

下記の6行の入力のみ
Cyclic symmetry
0, 0, 1,
0, 0, 0,
15,
0,

Axiと3Dの応用1

リゾーニングとの組み合わせ

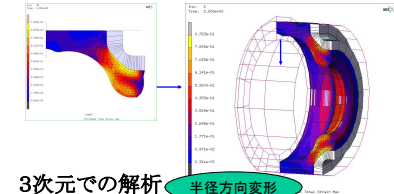
プッシュの半径方向変形解析



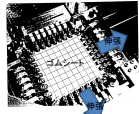
2次元での解析

Axiと3Dの応用1

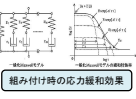
リゾーニングとの組み合わせ



大変形時の2軸伸張によるひずみエネルギー密度関数



±粘弾性効果の考慮



新解析技術の検討

組み付け時に大変形、要素のゆがみ発生をリメッシングで、それ以降を解析



特性予測データベースの精度アップと解析技術の構築が必要。

解析でできること/サポート可能な内容

ゴムの関連解析について、導入後の実用化でできること

- I 線形解析でも注意が必要
- II ゴム、樹脂の基本解析
- III ゴムの整形に関する解析
- IV 動的、粘弾性
- V ゴムの耐久性検討
- VI 解析技術
- VII 予測精度と勘違い
 - ひずみエネルギー密度関数の適用範囲、ゴムの解析は簡単
- VIII スポンジゴム/発泡材料への展開
- IX 効率化、自動化

1. ゴム、樹脂の性能予測のシミュレーションのご紹介

各製品の性能予測：会社員としての入社時に防振ゴム設計として配属

