

解析用材料測定方法-基本

一般的に解析は、剛性を定義する必要があり、特にゴムの解析はひずみエネルギー密度関数というゴムの解析に精通した人でも、定義することが難しいとされている。

一般的な知識から、ヤング率 \Rightarrow その6分の1が、最も簡単なゴムのエネルギー関数である、

$$\text{ネオフック} W = C_{10} (I_1 - 3) \quad \text{の} C_{10} \text{と一致する。 (ヤング率} E = 6 C_{10})$$

ひずみエネルギー密度関数を定義する場合、二軸試験（下図）が必用であるが、日本に10台程度保有されているが、公共施設では1か所が使えるのみである。

ひずみエネルギー密度関数

$$\text{Mooney高次式} \quad W = C_{10} (I_1 - 3) + C_{01} (I_2 - 3) + C_{11} (I_1 - 3)(I_2 - 3) + C_{20} (I_1 - 3)^2 + C_{30} (I_1 - 3)^3$$

Ogden式

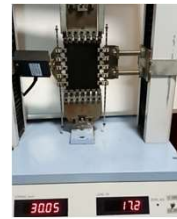
$$W = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i}{\alpha_i} (\lambda_1^{\alpha_i} + \lambda_2^{\alpha_i} + \lambda_3^{\alpha_i} - 3) \quad n = 5 \sim 7 \text{程度}$$



材料試験用ゴムシート
(1~2mm程度)



単軸伸張試験概要



2軸伸張試験概要

1

基本となる剛性

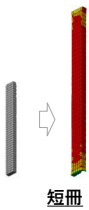
正しくヤング率を求めることが重要である。

単軸試験からヤング率、ネオフック係数 C_{10} を求める手順を説明する。

サンプルは短冊形状

基本的には幅10~20mm、長さ80mm以上で平行に作成する。

一般的には曲尺をあててカッターで両側をカットすると18mm程度の幅になる。

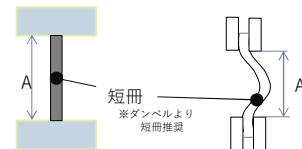


短冊

a)幅 b)厚み c)硬度を測定、記録する
同時にチャック間距離、初期の50mmを再確認

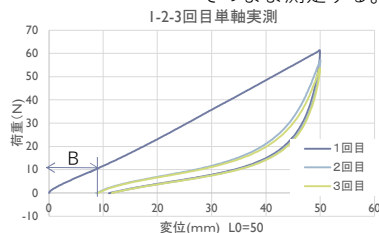
- ・伸張スピード 100mm/分
- ・伸張最大値 80%(40mm程度)
- ・インターバル 10秒程度 など、条件設定

チャックしたままへたり等が発生しても
そのまま測定する。



短冊

※ダンベルより短冊推奨



なぜ短冊か(P6)
ひずみ0.1の意味 (P7)



チャック間50mmでセット
注) チャックにテーパがついている場合、その分考慮

2

へたりは必ず発生します。どう扱うか・・・

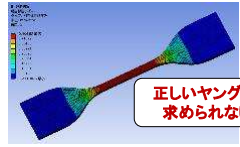
単軸の測定方法

ヤング率 $E = \text{応力 } \sigma / \text{ひずみ } \varepsilon$ ・ ・ ・ **どんな試験でも同じになるとは限らない、試験片に依存**

ひずみ $\varepsilon = \text{変位} / \text{チャック間距離}$ 応力 $\sigma = \text{荷重} / \text{断面積}$

一般的にダンベルでの測定はNG（真の剛性が得られない）、また、**短冊でもたるみが発生、そのまま測定する。**
 ※後にこのたるみを補正する。/正確な位置が不明になる。

ダンベル



正しいヤング率は
求められない。

短冊

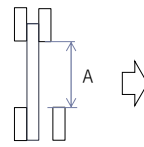


短冊であれば、
ほぼ正確なヤング率

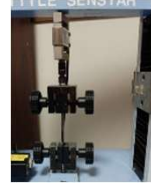
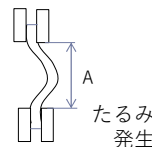
証明は簡単です。
解析で入力と出力ヤング率が同じになればいい。

短冊測定

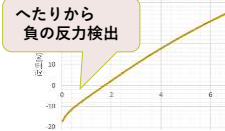
上からチャック



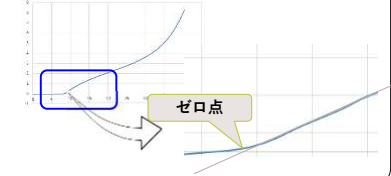
下をチャック



きれいにゼロ点から始まり
測定できるとは限らない



へたりに
負の反力検出



ゼロ点

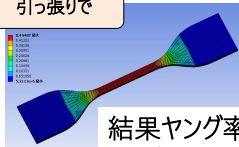
ヤング率の課題

ヤング率 1.0 の材料で伸張試験

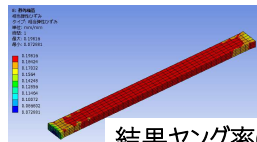
伸張変位 \rightarrow ひずみ、荷重/断面積 \rightarrow 応力 ヤング率 = 応力/ひずみ

実測でも解析でも同じになるはず

引っ張り

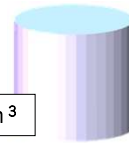


結果ヤング率 1.27
(見かけ上 1.27倍)



結果ヤング率 0.98
(見かけ上 0.98倍)

圧縮



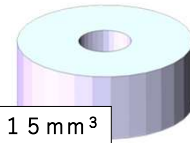
$\Phi 18 \times h 26 \text{ mm}^3$

$E = 0.79 \text{ N/mm}^2$



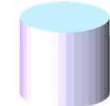
$\Phi 29 \times h 12.7 \text{ mm}^3$

$E = 1.19 \text{ N/mm}^2$



$\Phi 40 \times h 15 \text{ mm}^3$

$E = 1.16 \text{ N/mm}^2$



$\Phi 10 \times h 10 \text{ mm}^3$

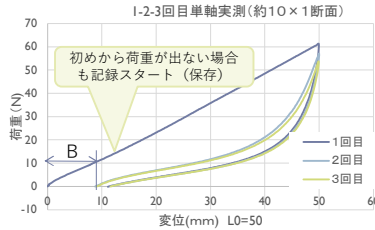
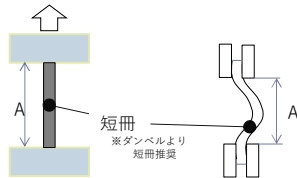
$E = 0.95 \text{ N/mm}^2$

短冊が真のヤング率 \div 見かけ上のヤング率 短冊が使える

ゴム材料の基本知識

10% (ひずみ0.1の意味)、なぜ10%算出か

単軸試験手順：重要ポイント



ヤング率 $E = \text{応力} \sigma / \text{ひずみ} \epsilon$

10%伸張時で算出

Point: へたりを考慮したひずみ算出
 $= \text{変位} / (\text{チャック間} A = 50 + \text{へたり} B)$

※10%算出の意味

鉄の微小変形1%、ゴムではへたりの影響で難しい
 100%等では非線形性から10%と仮定
 \Rightarrow 10%として算出、この値で短冊の解析、出力一致

10%で算出したヤング率で解析、解析結果から
 ヤング率を算出したものと、ヤング率(剛性)が一致する。

へたりを考慮して10%伸張で算出、真のヤング率と同じ

ひずみエネルギー密度関数係数とヤング率の関係

Mooney高次式

$W =$ ※10%算出の意味

Ogden式

$W =$

鉄の微小変形1%、ゴムではへたりの影響で難しい
 100%等では非線形性から10%と仮定

\Rightarrow 10%として算出、この値で短冊の解析、出力一致

10%で算出したヤング率で解析、解析結果から
 ヤング率を算出したものと、ヤング率(剛性)が一致する。

本当のヤング率は1つであり、エネルギー関数との整合を採ることが必須

55

材料の本質は1つ、ヤング率は1材料1つ
 金属も心太(ところてん)も同じ試験機で・・・

令和7年9月12日 寺子屋 萩本光広

寺子屋/CAE解援隊

URL <https://tarakoya2018.com>

連絡先 tag@tarakoya2018.com

080-2230-8785