

## AMS015226-02 面圧予測における応力/反力緩和の考慮

(ゴム/樹脂ブーツの面圧予測に関連して)

CAE 解援隊

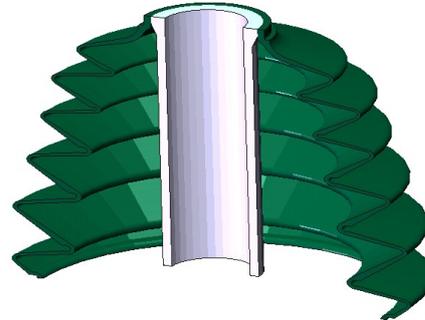
解析による面圧測定においては、材料定数として初期の剛性、いわゆるヤング率や超弾性と言われている定義に加えて、応力緩和という時間依存の材料定義が必要である。

これらを定義する際に、まず最初の落とし穴が、ゴムは本来非常に硬いと言う事

言いかえれば瞬間的にゴムに衝突すると、衝撃が凄いいということである。

良く知られていることですが、30mの上空から海(水)に落ちると、水面はコンクリートと同じくらい硬いということで、ゴムについても同様のことが言える。

即ち、ゴムは変形時に応力緩和によって衝撃を吸収している。

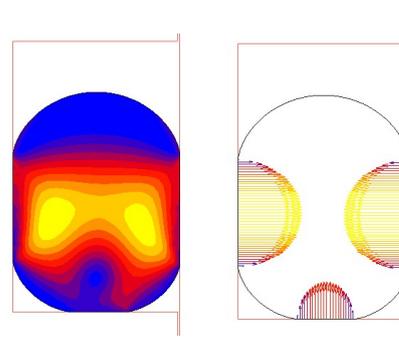


ブーツの形状イメージ

非線形CAE協会における分科会での粘弾性定義によれば、初期ヤング率は3600MPa緩和定数、粘弾性スペクトルメータでの測定による膨大なデータから定義されている。一般的なゴムのヤング率は1~10MPa程度であるため、非常に瞬間が硬いことが分かる。このノウハウを持ち、測定可能なのは株式会社メカニカルデザインさんの他に心当たりにない。これらの測定は非常に高価で、1材料の定義可能な測定を行うとおそらく50万円ではおさまらないと思われる。

その代替えの方法について提案する。

シールの代表的なものとしてOリングがある。組み付け時の変形状態と面圧分布を右図に示す。この材料の時の締め付け荷重、剛体の軸方向荷重はグラフ1に示すようなものになる。



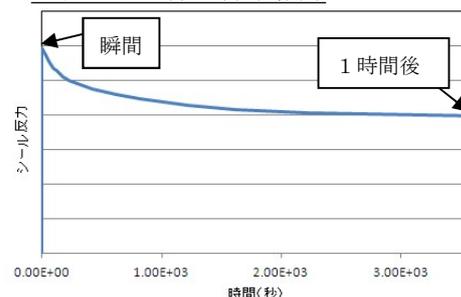
Oリングの組み付け時の変形及び面圧分布

応力緩和に必要な係数(例)と、使用した場合の緩和曲線をグラフ1に示す。

粘弾性係数(例)  
viscelmoon

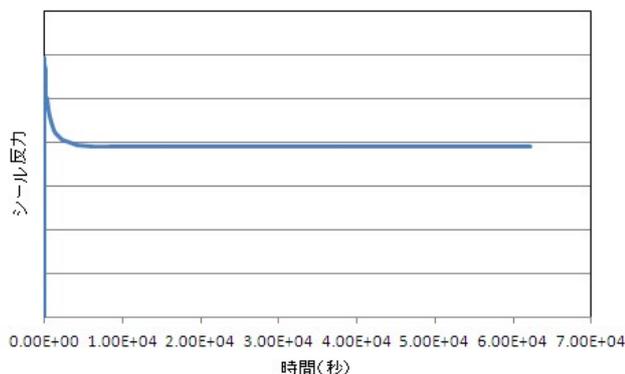
グラフでは、  
締め付け時瞬時に  
示した荷重が、1時間後  
約66%の荷重となる。

グラフ1 締め付け軸力



(徐々に荷重低下)

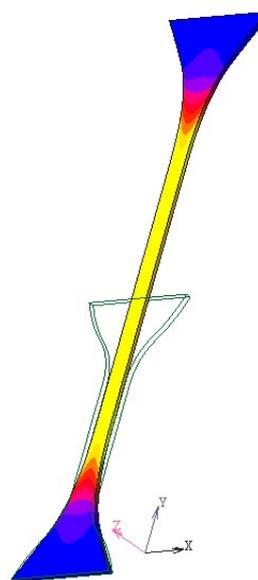
更に、数十時間経過しても、  
ほぼ1時間後と同等の荷重となる。  
但し、実際にはここから若干の  
荷重低下が認められるが、劣化を  
除けば数%以内である。



先に示した粘弾性係数は、ダンベルの伸張試験から  
得られる特性（シール反力と同様の線図）から  
回帰して得られる。

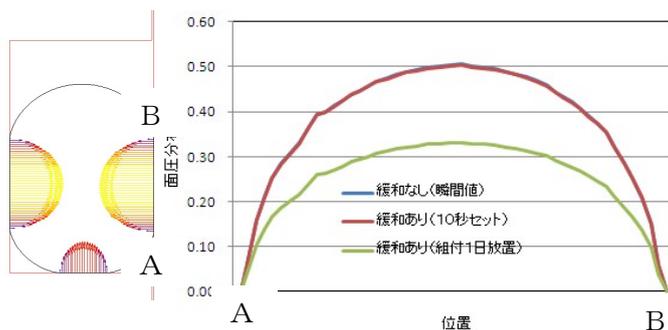
注意：ダンベルの測定では標線間の変位と荷重を  
測定しがちであるが、クロスヘッド位置と荷重の  
関係を求める必要がある。

しかし、ダンベルとoリングの荷重低下の関係は、  
形状が異なっても、1時間後、10時間後、1日後  
と、経過したときの荷重ダウン率はほぼ同等であり  
ダンベルでの時間ごとのダウン率をデータベースと  
することで、回帰による粘弾性係数を求めて解析する  
ことと、瞬時の荷重にダウン率を掛けることは  
同じ結果が得られる。



(諸々の誤差を考えても、5%以内、おそらく1%程度と思われ、回帰による誤差を考えると回帰は無用と思える。)

A-B間の面圧（反力ではない）  
分布を右にプロットすると、  
瞬時的（ゼロ秒）セットした  
青と10秒かけた場合の荷重は  
重なり、そこから緩和して  
圧力が低下した場合、1日後  
（1時間後）のダウン率は、



ダンベルと同じ34%（66%圧力）となると予測される。各部の比率も66%で変わらない

## 結論

通常のひずみエネルギー密度関数からゴムの係数を定義(A)、ダンベルからダウン率(B)  
Aを用いた解析を行い、EXCEL上でダウン率(B)を掛けることで面圧を予測可能。

これらのデータベースでシール面圧は計算可能である。

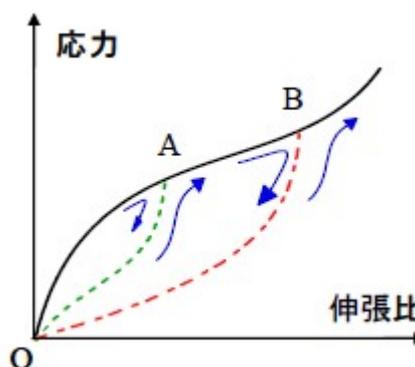
### ゴムの特性からの注意点

金属においても、繰り返し荷重を測定すると往きと同じ線に戻りが示すのではなく、加工硬化が見られるのと同様、それ以上に履歴効果が大きいことが分かっている。

1回目に30%伸張し、次に60%伸張する時の特性は、1回目のAまでの荷重からヒステリシスロスにより緑の線をたどる。

次に60%まで伸張する場合、往きに緑を通して矢印のようにBまで到達、赤の線に戻る。

これはゴムの履歴（ダメージ）効果として知られ、ソフトに組み込まれている。



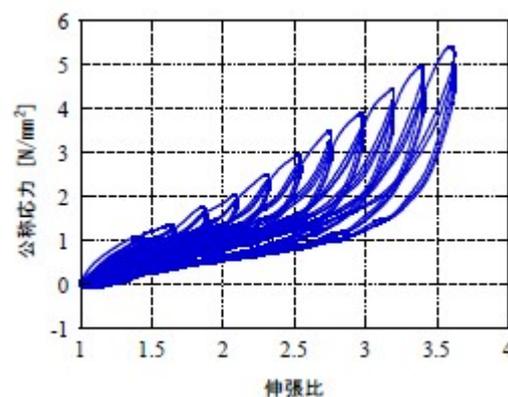
つまり、目的の伸張の前にどの程度の荷重を加えたかによって、目的の伸張時の荷重が変わるということで、面圧もこれに相当する。言い換えれば、シールのセット時が100%と考えると、

- ① 始めに50%変形、セットで100%変形
- ② 始めに100%変形、セットで100%変形

上の2つのセット時の荷重(面圧)は異なる可能性があるということである。

実際、ブーツのシールの組み付けは1回で行うのであろうから大きな影響は無いと考えられるが、このような履歴効果を考慮する必要性もある。

実際のゴムの履歴効果は、前の戻りを100%追従するのではなく、その付近をとおり戻るため、上のグラフのようにきれいにならず、右のような線図のずれが認められる。



### 参考及び確認)

シール部に面圧シートなどを挟み込み測定する方法も考えられるが、製品でこれを測定することは製品の大きさや形状の複雑さ、組み付け性などから難しい。

ただ、現状の面圧測定シートの特性は、測定時の最高の圧力のみを記録するものなのかそれとも履歴を測定できるように変化してきたのか、現状、技術進化は把握できてない。