

# 物の強さを測ってみよう！

～ 引張り試験 ～

長岐 研究室

## 1. 機械だって壊れる

最先端の機械といえども，力を加えると機械は必ず変形し，場合によっては壊れてしまいます．機械システム工学では物（機械構造物）を設計，製作する基礎を学びますが，機械構造物が壊れないように，またその機能をはたすように設計することが重要になります．そのためには物，つまり材料の基本的な強さを知る必要があります．材料の強さはどのように測るのでしょうか？ 身近な材料の強さを測定する実験を行い，機械工学の初歩を学びます．物の変形や破壊については高校の物理では学びませんが，機械を設計する上での基礎事項です．物がどのように壊れるのか，自分の目で確かめてみましょう．

## 2. 引張ってみよう！

### 2.1 引張り試験

どの位の力を加えると物は壊れるのか，また物が変形しやすいかどうかを調べるには，図1のように物に力を加えて引張ってみるのが一番です．試験片に引張り力を徐々に加えていき，壊れるときの力を求めます．同時に力を加えた時の試験片の伸び量も測定します．このような実験を引張り試験と言います．図2は実際にこのような引張り試験を行う装置（引張り試験機）の例です．



Fig.1 引張り試験



Fig.2 実験で用いる引張り試験機

また引張る物（引張り試験片）の形状は，力の加わり方が物体の内部で一様になるように丸棒や板状とします．引張り試験でどのように試験片が壊れるか（破断と言います），実際に見てみましょう．

## 2.2 荷重-伸び線図

どんな物でも力を加えると変形します。しかし、通常この変形は目に見えないほどわずかで（特に金属材料では）、普段の生活では力が加わったからと言って物が変形することを実感することは余りありませんし、物が壊れる瞬間を注意して見ることもあまりないでしょう。しかし引張り試験では大きな力加えることにより、試験片を大きく変形させ、そしてついには破壊（破断）するまで引っ張るのです（材料の種類によっては、大きく変形すること無く壊れるものもありますが）。

試験片に引張りの力（荷重）を加えると、図3のように試験片の長さが増えます。この試験片の長さの変化を伸びと呼びます。試験片に加えた荷重と伸びをそれぞれ縦軸、横軸にとって描いたグラフ（図4）を荷重-伸び線図と呼びます。この図から試験片が破断したときの荷重（破断荷重）などを求めることができます。

ところで、同じ材料でも試験片の形状寸法が異なった場合、引張り試験結果はどうなるでしょうか。容易に想像できるように、丸棒の試験片の場合、太い試験片を引張るには、細い試験片を引っ張る場合より、より力が必要でしょう。また長い試験片は短い試験片より破断するまでにたくさん伸びる（変形する）と予想できますね。両者の荷重-伸び線図は図5のようになると予想されます。実際、どうなるのか実験してみましょう。

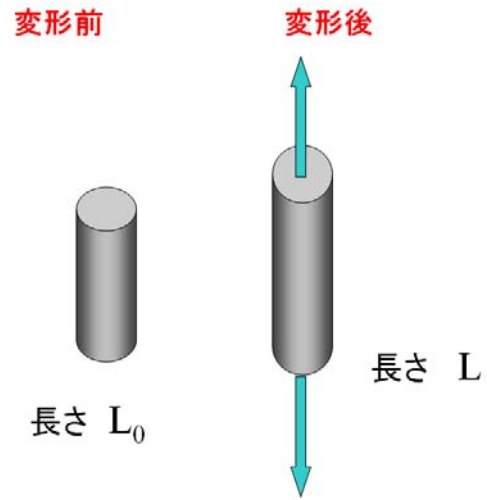


Fig.3 引張ると伸びる

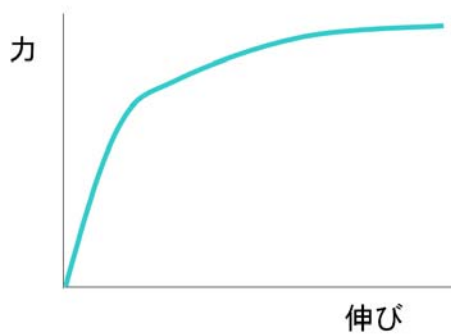


Fig.4 荷重 - 伸び線図：引張り試験

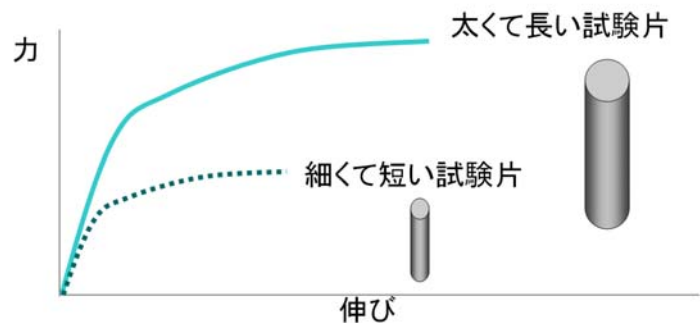


Fig.5 寸法の異なる試験片の荷重 - 伸び線図

## 2.3 試験片を作る

引張り試験を行う場合の試験片の形状は日本工業規格 (JIS) で定められています。ここでは JISZ2201 で定められている 13B 号試験片をもとにした図 8 のような試験片と、この幅をさらに約半分にした試験片を自分で作りましょう。材料は厚さ 0.5mm のアルミニウム板を用います。この程度の厚さであればハサミを使って試験片を切り出すことができます。

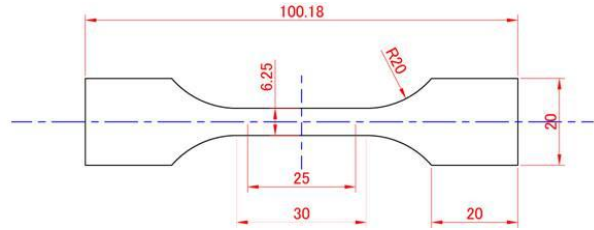


Fig.6 引張り試験片

## 2.4 引張り試験を行う

作成した引張り試験片を引張り試験機に取り付けて、早速引張ってみましょう (図 7)。実験中に試験片に加わる力と試験片の伸びは電気信号に変換され、パーソナルコンピュータで記録しておきます。どんな荷重 - 伸び線図が得られるでしょう。また破断荷重はどの位になるでしょうか。



Fig.7 試験片を引張り試験に取り付けた状態

## 3. 応力-ひずみ線図

この実験で、試験片の形状寸法が異なると荷重 - 伸び線図も異なってしまうことが確認できたと思います。

さてここで荷重の代わりに、試験片断面の単位面積あたりに働く力 (応力と呼びます) と、単位長さあたりの伸び (ひずみと呼びます) を使って、荷重 - 伸び線図を描きなおしてみましょう。応力を縦軸、ひずみを横軸にとってグラフを描いて見ます (図 8、応力-ひずみ線図と呼ばれる図で材料の強さを考える場合の基本となるグラフです)。

すると面白いことに、試験片の形状寸法が異なっても、応力とひずみで整理すると、同じ材料であればほぼ同じグラフが得られるのです。破断したときの応力 (破断応力) もほぼ同じになっているでしょう。

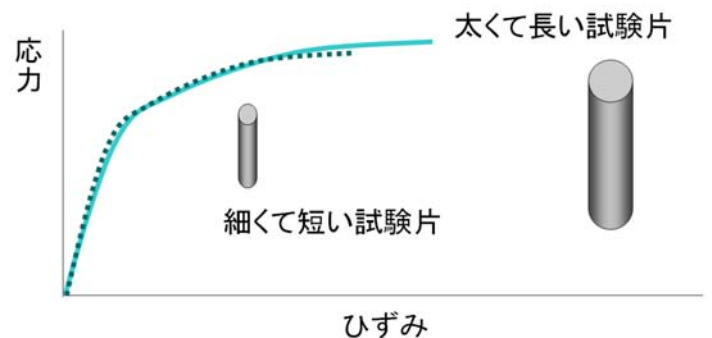


Fig.8 応力-ひずみ線図の例

このことから、試験片に加わる力の大きさそのものが重要なのではなく、試験片断面の単位面積当たりに働く力（応力）が、物体の変形や破壊に本質的に関連していることがわかります。

さらにこうして得られる応力とひずみの関係は、試験片の形状寸法によらない、材料に固有な性質とみなすことができます。これは非常に重要なことであり、機械構造物を設計する上で大切な関係式となります。

## 4. いろいろな物を引張ってみよう

物が壊れることに関して、応力が重要な役割を果たしていることがわかったところで、いろいろな物を引張って、変形して破断する様子や破断する応力の違いを調べてみましょう。

今回は、紙、プラスチック（塩化ビニル、ポリエチレンなど）、金属（アルミニウム、銅など）の板を用意しました。各自で試してみたい材料を選んで、2.3節のような試験片を作成して引張試験を行ってみましょう（図9）。また同じ材料、同じ形状の試験片でも、試験片をもとの板から切り出す方向が異なると、大きく異なる応力ひずみ関係が得られることもありますので、切り出し方向にも注意しましょう（図10）。



Fig.9 様々な引張り試験片の例

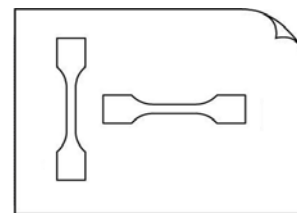


Fig.10 試験片の切出し方向

## 5. おしまいに

材料によって変形の様子や破断する応力が様々に異なることが実感できたでしょうか。身近にある機械から最先端の航空機、ロケットまで、物の形やその大きさは、力が加わっても壊れないように、変形しないように作られています。その基礎となるのはこのような引張り試験によって得られた知識です。材料の強さと変形についての基礎的な知識は材料力学と呼ばれる学問分野で扱われ、機械系学科において必須の講義科目の一つとなっています。