　　　　　　　　　　　　　　機械工学実験

　　材料試験法と材料の機械的性質　　　　　　　　　2年５組４０番　角田　陸

・実験目的

材料試験を行い、機械や構造物を設計する上で非常に重要となる機械的性質を求める。

本実験では、炭素鋼などの様々な工業材料に代表的な材料実験を行い、得られた特性の相関を調べる。また、引張試験片の破断面観察から材料特性と破壊様式との関連を明らかにする。

・方法・原理

1,引張試験とは

　棒状もしくは板状の試験片を軸方向に引っ張り荷重と伸びの関係を測定する。

引張試験では、降伏点・耐力・引張強さ・伸び・絞り・比例限度・仕事容量・ヤング率・ポアソン比・降伏応力など調べられることが多くほかの試験より優れていると言える。

2,引張試験によって得られる値の算出方法

　引張試験において重要なのは応力とひずみである。試験片が外力を受けて変形するとき、その応力とひずみの関係は図１(応力―ひずみ線図)のようになる。

図1.応力―ひずみ線図

また、実験結果から応力とひずみを算出しなければならない。荷重Fと応力σとひずみεの関係は次式のようになる。ただし、断面積をA、初期長さをLとし、初期長さの算出には伸び測定の基準長さ(標点距離)を用いる。

(1)

(2)

図１から見て取れるように、応力の小さい範囲では、応力σとひずみεは比例関係にあり、比例定数をE(縦弾性係数またはヤング率)とすると、関係は次式のようになる。

　　また、材料の軸方向と垂直方向に生ずるひずみをε‘とすると、εとε’の関係はいかのようになる。

　　　　　(4)

このvをポアソン比という。

　一方、応力が増し、比例の関係が成り立たなくなったときを、比例限度と呼ぶ。比例限度を超え、変形から元の形に戻らなくなる変形を塑性変形という。材料に塑性変形が発生しない範囲を弾性域、する範囲を塑性域といい、発生する点を降伏点という。このような一定の塑性変形を起こす応力を耐力という。

図２に0.2%の耐力の求め方を示す。0.2%に相当する点から弾性域に平行な直線を引き交点の応力が耐力となる。

図2.耐力の求め方

　材料の降伏後は、荷重が増加しないとひずみが増加しない加工硬化、加工硬化により応力が最大になった時の応力を引張強さという。その後、一部が変形し、最終的にははだんする。この時の応力を破断強さという。

　また、材料の試験前後の長さと断面積の変化の割合をそれぞれ、伸びe、絞りΦ、といい、以下の式より求める。

　ただし、：実験前の標点距離、L：破断後の標点間の長さ

　ただし、；実験前の断面積、：破断後の最小断面積

3.公称応力と真応力

引張試験を行い、上記の式で求めた応力は真の応力ではない。

　　そこで、荷重を試験片の初期荷重で徐した値を公称応力、荷重を受けた状態における応力を真応力という。真応力は近似的に以下の式で求められる。

　ただし、：真応力、:公称応力、:公称ひずみ

4.材料の破壊様式と波面

　引張試験によって破断した材料の波面形態は、材料が延性材料であるか脆性材料であるかによって大きくことなる。これらには材料にどの程度塑性変形が生じるかによって異なる。

5.引張試験片

　本実験で使用する試験片はぜんぶで３種類あった。試験片のつかみの部分の寸法は少し大きくなっている。断面積が一定の平行部分にしるしをつけ標点間距離をとる。試験片の断面積は標点間距離の両端部おとび中央部の3ヶ所の寸法の平均から求める。

・硬さ試験

1.硬さ試験とは

　硬さとは物体の変形抵抗の大小を示す尺度である。多くの硬さ試験では、測定に際して塑性変形を伴うので、それぞれの方式による硬さは材料の塑性変形抵抗を異なった表示法で示したものである。本試験ではビッカース試験を行う。

2.ビッカース試験

　対面角136°のダイヤモンド製ピラミッド型圧子のよって、試験片面に圧痕をつけた時の荷重を、永久クボミの対角線の長さから求めた表面積で除いた単位面積あたりの圧力の数値で硬さを表したものがビッカース硬さである。荷重をP(kgf)、クボミの対角線の長さをｄ(㎜)とすれば、ビッカース硬さ(HV)は次式で表される。

なお、試験片の所要厚さは圧痕深さの１０倍以上、または圧痕対角線長さの1.5倍以上である。また圧痕間の距離は４ｄが必要であり、試験片との距離は2.5ｄ以上を必要とする。

・実験方法

本実験では４種類の実験を行う。

1. 硬さ試験
2. ヤング率の測定
3. 引張試験
4. 引張試験片の破断面観察

a.硬さ試験

a-1.試験片の表面を紙やすりを用いて研磨する。

a-2.試験的にショア試験を行う。

a-3.試験片表面に硬さ試験を行う位置(中心から端部までに３つ)に印をつける。

a-4.各位置においてビッカース試験を行う。

a-5.他の班と実験結果を共有し、距離と硬さの関係を求める。

b.ヤング率の測定

　b-1.試験片の形状測定、標点打ち。

　b-2.試験片の装置への取り付け。

　b-3.弾性限度内のある荷重における試験片のひずみを計測する。

　b-4.a-3と同じ計測を異なる荷重で数点行う。

　b-5.a-4の結果からヤング率を計算。なお実験開始時の荷重及びひずみの値は、計算値から初期値を引いた値を用いる。

c.引張試験

　c-1.aの試験後に荷重を０に戻す。

　c-2.破断までの荷重と伸びの値を計測する。

　c-3.破断後に材料の降伏強さ、引張強さ、伸び、絞り、破断強さを測定する。

1. 破断面観察

d-1.破断後の試験片をマイクロスコープで正面、側面から観察する。

d-2.破断面を調べ各材料の破壊様式の差異を調べる。

・実験結果

a.硬さ試験

表1.各材料のビッカース硬さ



b.ヤング率の測定

各材料、A、B、Cのヤング率は以下のようになった。

表２.各材料のヤング率



c.引張強さ

実験結果は以下のようになった。

表３.各材料の耐力、引張強さ、伸び、絞り

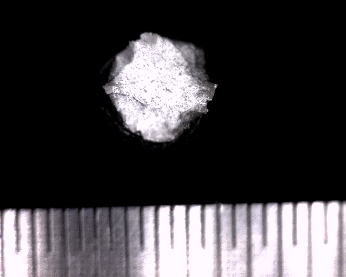


d.破断面観察

各材料の断面写真は以下のようであった。

置き時計, 物体, 室内, 尺杖 が含まれている画像

高い精度で生成された説明物体 が含まれている画像

高い精度で生成された説明　　　

物体, 尺杖, 黒 が含まれている画像

非常に高い精度で生成された説明　　　物体, 室内, 尺杖, 座っている が含まれている画像

非常に高い精度で生成された説明　　　室内, 座っている, 写真 が含まれている画像

高い精度で生成された説明

物体, 室内, 尺杖, 座っている が含まれている画像

非常に高い精度で生成された説明　　　物体, 尺杖, 室内, 黒 が含まれている画像

高い精度で生成された説明　　　室内 が含まれている画像

高い精度で生成された説明

物体, 室内 が含まれている画像

高い精度で生成された説明　　　室内, 黒 が含まれている画像

高い精度で生成された説明　　　室内, 猫, 動物, 黒 が含まれている画像

高い精度で生成された説明

　　　Aの断面図　　　　　　　　　Bの断面図　　　　　　　　　Cの断面図

・考察

(１)不明であった材料を推定せよ。

硬さ試験より各材料の実験結果は以下の表になった。

　　試験片Bにおいて最もビッカース硬さが近かったのは金(22HV)であった。

　　試験片Aにおいて最もビッカース硬さが近かったのは炭素鋼(201)であった。

　　試験片Cにおいて最もビッカース硬さが近かったのはチタン合金(155)であった。

これらの推測については誤差も含まれているため正確ではない。

(２)各材料の機械的性質と破壊のメカニズムを推定せよ。

　材料Aに関して、他の2つの材料と比較するとヤング率がとても低い。そのため、伸びに対する耐性がなくすぐに破断したと思われる。

材料Bに関して、他の２つの材料と比較するとヤング率がとても高くなっている。

そのため伸びの対する耐性がとても高く、破断するまでにかなりの時間をともなったと思われる。

材料Cに関して、硬さはある程度あり、引張強さは３つの材料の中で最も強い。破断するまで時間がかかり、抵抗が強いため破裂音がおおきかった。

(３)ビッカース試験結果より以下のようなグラフを得られた。

B

　　　　　　　　　　　　　　図３.ビッカース硬さの分布

グラフより、中心と端点の間の点(中間点)の硬さが硬いものと1番低いものがあった。

実験をするうえで材料に穴が開いているものと開いていないものがあり中間点が低くなっているのはその影響が大きくでたためとおもわれる。また中間点の硬さが大きくなっているのは穴が開いたことで中間点にかかる強さがまし抵抗が大きくなったためであるとおもわれる。

(４)各材料のヤング率とポアソン比

各材料のヤング率とポアソン比は以下のようになった。

表４．ヤング率とポアソン比



(５)

A

図４.公称応力―ひずみ線図

図５.真応力―ひずみ線図

また、降伏強さを.0.2％とした時の引張強さ、伸び、絞りは表３に示した。

(６)硬さと引張試験結果の相関について

図６.引張強さとビッカース硬さの相関関係

図６を見た通り引張強さとビッカース硬さの間に相関関係はなかった。

・結論

今回の実験を通して、材料ごとのよる引張への耐性、硬さは同じ材料でも部分部分で異なること、破断面も材料によって異なることを知った。研磨やビッカース穴開ける位置の計測など人為的に行った箇所があるため正確に測ることはできなかった。

・参考文献

<http://www.toishi.info/metal/hardness.htm>、金属材料の硬度の一覧と比較、掲載者名府不明、資料掲載日2013年1月2日、2018年10月15日