

材料物性を正しく理解して利用して頂くために、本年のミニファイルでは、分析化学と特に関係の深い物性を取り上げ、物性の定義や原理、物性値の本質、さらに、物性値の測定法も含めて分かりやすく紹介していきます。分析対象とする物質や材料の姿を分子や原子レベルで紐解いていく分析化学において、マクロな構造によって発現する物理的な性質や現象を相補的に考慮することができれば、物質や材料の真の姿により近づくことができると考えます。

〔ぶんせき〕編集委員会

機械的特性値と強度試験

1 はじめに

強度はあらゆるものの力学的な変形あるいは破壊に対する指標であり、ものづくりの基本である設計や製作にとって必要な機械的特性値の一つである。

機械的特性を評価する最も重要なことは、どれくらいの力でどれだけ変形し、また、どれくらいの力で破壊するのかを知り、その結果を設計や製作に反映させることである。

本稿では、強度を含めた機械的特性値の種類と代表的な強度試験を紹介する。

2 機械的特性値の種類

どのようなものでも力をかければ弾性変形（力を0にすると元に戻る状態）し、その後塑性変形（元に戻らない状態）になり、どんどん力を増加させれば最終的には破壊する（図1）。

この現象を引張り試験を例に各種の特性値とともに説明する。

2.1 応力とひずみ

機械的特性は、応力とひずみの関係を測定することで、いろいろな特性値を求めることができる。

応力 σ は単位断面あたりの試験力、ひずみ ϵ は単位長さあたりの伸びを表す。図2に応力、図3にひずみのイメージを示す。

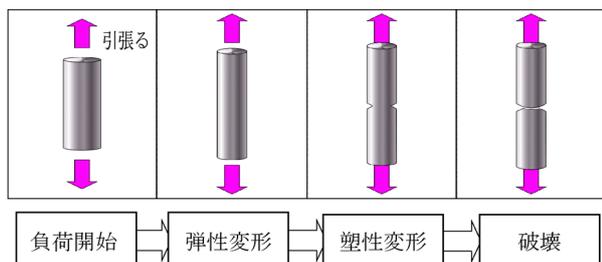


図1 引張り荷重による変形挙動

2.2 特性値

試験片の両端をつかみ、一定の速度で引張り応力を加えると図4のようなグラフが得られる。このグラフの立ち上がり部は応力を除くと元の状態に戻る領域であり、この領域を弾性領域と呼び、図4のグラフの直線部の傾きを弾性率またはヤング率と言う。さらに力を加えると、応力を除いてもひずみが残る塑性領域が現れる。この現象が始まる応力を降伏点と呼び、さらに力を加えると最大の応力が現れる。これを引張り強さと呼ぶ。その後応力は減少し破断に至る。破断したときのひずみを破断ひずみと呼ぶ。

3 強度試験の分類

強度試験には、厳密な分類ではないが、負荷を与える速度が低速か高速か、または負荷が一定方向か繰り返すかで静的試験、動的試験に分類される（表1）。静的試験には、引張り、圧縮、曲げ、せん断、ねじり、クリープ、リラクゼーション試験が挙げられ、動的試験には、疲労試験、高速衝撃試験が挙げられる。

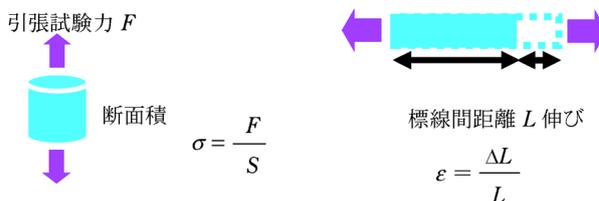


図2 応力

図3 ひずみ

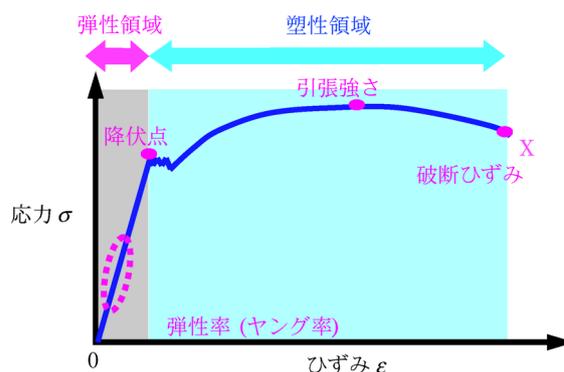


図4 鉄鋼の応力-ひずみ線図

表1 強度試験の分類

| | 特 性 | 強度試験の種類 |
|------|------------|---------------------------------|
| 静的試験 | 低速 一定方向 | 引張り、圧縮、曲げ、ねじり、せん断、クリープ、リラクゼーション |
| 動的試験 | 高速 繰り返し | 疲労、衝撃 |

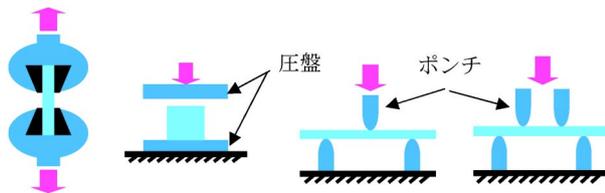


図5 引張り試験, 圧縮試験, 曲げ試験

各種の強度試験を以下に紹介する。

3.1 引張り試験

前述のように試験片の両端をつかみ、一定の速度で引っ張り力が負荷されたときの応力とひずみの関係を調べるのが引っ張り試験である(図5)。得られた応力とひずみの関係から、弾性率、降伏点、耐力、引張り強さ、破断伸び、絞り、ポアソン比、ひずみ硬化係数(n 値)、塑性ひずみ比(r 値)などの特性値を求めることができる。

3.2 圧縮試験

材料、部品や製品に上下の圧盤を介して圧縮力が少しずつ負荷されたときに、どのように縮むのか、どれくらいの力で破壊するのか、応力とひずみの関係を調べるのが圧縮試験である(図5)。圧縮弾性率や圧縮降伏点、圧縮強さなどの特性値を求める。

3.3 曲げ試験

二つの支点間に設置された試験片にポンチを介して曲げ応力を負荷し、曲げ応力とたわみの関係を調べるのが曲げ試験である(図5)。負荷のかけ方で3点曲げ、4点曲げがある。3点曲げは曲げモーメントがポンチの下で最大となり、4点曲げでは、曲げモーメントがポンチ間で一定となる。

3.4 衝撃試験

材料に力が衝撃的に負荷されたときに、その材料がどのように破壊または変形するかについて調べるのが衝撃試験である。衝撃試験は、材料の性質の中のもろさやねばさ(じん性、ぜい性)の性質を評価する試験で、試験片に衝撃的な力を負荷して破断させ、その時の試験片を破断させるために要したエネルギーがどのくらいなのか、試験片の変形挙動はどうなのか、き裂の進み具合はどうなのかなどを測定・観察することによって、その材料の衝撃力に対する衝撃強度を評価する試験である。シャルピー衝撃試験(図6)、アイゾット衝撃試験がよく使用されるが、高速引張り衝撃試験、落重衝撃試験なども含まれる。

3.5 疲労試験

力が繰り返し加わることで、本来の強度より低い値であっても破壊することがある。これは応力の高い部分に微小なき裂が発生し、このき裂が徐々に進行し、ついに

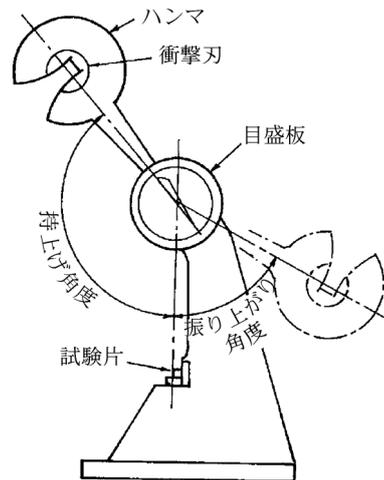


図6 シャルピー衝撃試験機

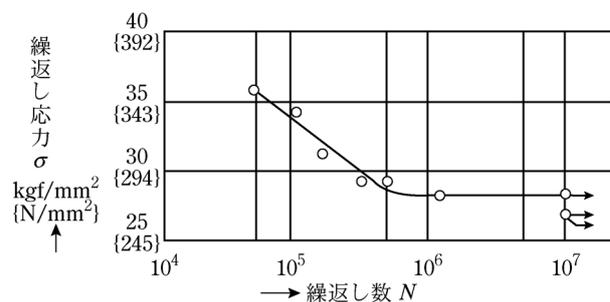


図7 S-N線図の例¹⁾

は全体での破壊につながるからである。疲労試験は、繰返し力の対する寿命や疲労限度を調べることができる。

図7にS-N線図の一例を示す。S-N線図は、縦軸に応力、横軸に繰返し数を取る。グラフの見方としては、線図の水平になる応力以下の繰返し応力では無限に繰返しても破壊しない、いわゆる疲労限を求めることができる。

4 おわりに

強度試験の歴史を振り返れば、古くはレオナルド・ダ・ヴィンチやガリレオ・ガリレイの名前が挙がってくるが、実質的には18世紀の産業革命時代に現在のような引張り試験や曲げ試験が確立したと言われており、そのおかげで当時の産業が飛躍的に成長することができた。

産業の基盤である鉄鋼、土木・建築部材の試験に始まり、現在では電気電子、自動車などほとんどの業界で強度は評価されている。これからも、時代の変化にともない生まれる新しい技術や製品、新たな産業の発展の中で、強度試験はものづくりの基盤を支える重要な役割を担っていくことが期待されている。

引用文献

- 1) JIS Z 2273 金属材料の疲れ試験方法通則, 図2, 図7 (1978).

(株)島津製作所 垣尾尚史