

強度解析講座（初級）

初級者のための材料力学

技術部 開発課 田辺稔博

講座予定

- **力、応力と歪**
 - 力の釣合いと境界条件、応力と歪の関係
- **梁の力学と柱の座屈**
 - 梁の支点反力、曲げ、せん断、断面二次モーメント、柱の座屈

強度解析とは

- 強度解析とは
 - 部材にかかる力(応力)を算出
 - 部材の許容荷重(応力)を算出
 - 許容荷重と部材荷重の比較

強度解析の種類

- 静強度解析
 - 静荷重に対する強度
- 疲労強度解析
 - 繰り返し荷重に対する強度
- 振動解析
 - 共振に対する強度
- 熱解析
 - 熱応力に対する強度
- 衝突解析
 - 衝撃荷重に対する強度

力、応力と歪

- 力とは何か

- 作用点を持つベクトル

- 力の種類

- ◆ 物体の運動状態を変化させる原因(外力)

- ◆ 物体の形を変化させる原因(内力)

力、応力と歪 (続き)

- 物体の形を変化させる原因(内力)

- ◆例)

人が棒を持って歩くと棒は人とともに移動(内力は発生しない！)

棒の一端を固定し、反対を持って歩こうとした場合、棒は移動せず、棒に内力が働く

力、応力と歪 (続き)

- 作用点を持つベクトル(力の三要素)
 - 大きさ
 - 向き
 - 着力点

力はベクトルである
合成や分解が可能

力、応力と歪 (続き)

- 力の合成 (合力)

- 2つ以上の力が同時に働く時、これらの力の作用と同じ効率を生ずる力を求める事 (力の平行四辺形や力の三角形から求める事ができる)

- 力の分解 (分力)

- 1つの力をこれと同じ作用をする2つ以上の力にわけること



力、応力と歪 (続き)

- 力のモーメント
 - u 物体を回転させようとする力の働き
反時計回りを正とする
 - ◆ 力 F × 腕の長さ l の積で表わされる

$$M = F \times l$$

力、応力と歪 (続き)

- ニュートン力学

- 慣性の法則 (第一法則)

- 外力が加わらなければ物体はその運動状態を維持する

- 運動方程式 (第二法則)

- $F = m \times a$ 正確には $F = \frac{d}{dt} \times m \times v$

- 作用反作用の法則 (第三法則)

- 二つの物体の間に働く力には一方の物体に作用する力だけでなく、他方への反作用の力がある。これらの力は大きさが等しく、方向が逆である

力、応力と歪 (続き)

- 力の釣合い

- 物体に2力以上の力が働いている時、その物体が力の働いていない時と同じ状態にあること (反力を含む)

- 条件

- 合力 $F = 0$ である事 (力の三角形が閉じている)

- 各力のX方向の分力の和 $F_x = 0$ である

- 各力のY方向の分力の和 $F_y = 0$ である

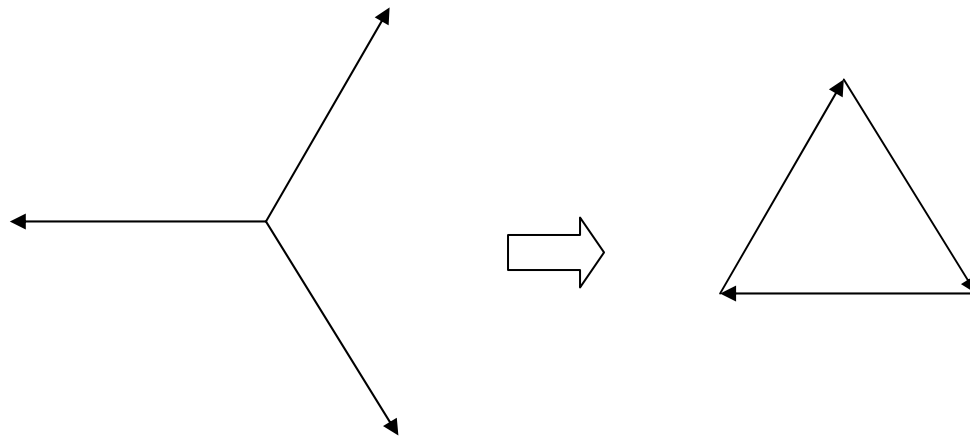
- 任意の点周りの各力のモーメントの和が0である

力、応力と歪 (続き)

- 力の三角形

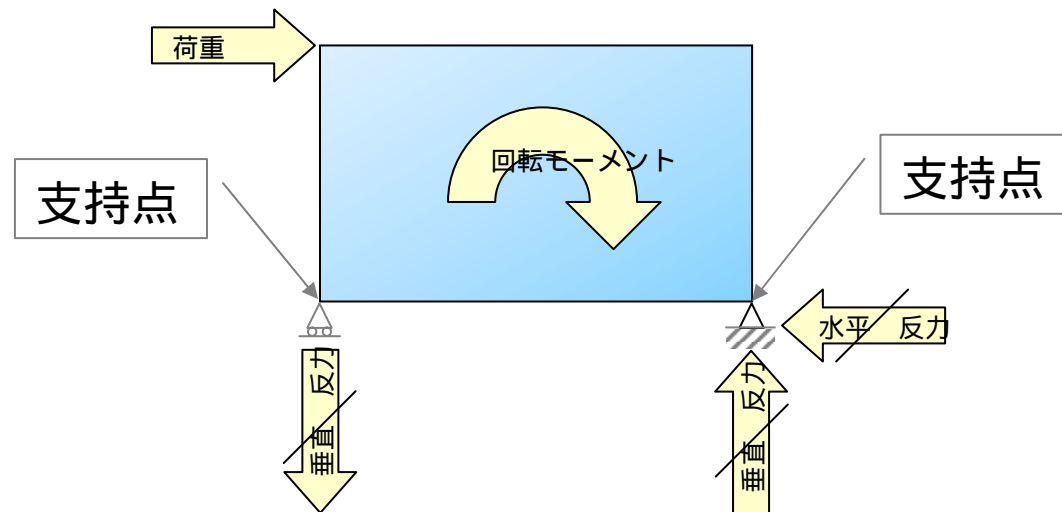
- 力の三角形が閉じている

- 力を平行移動させ、三角形が閉じた時その力の合力はゼロとなる。



力、応力と歪 (続き)

- Free Body (力の釣合い図)

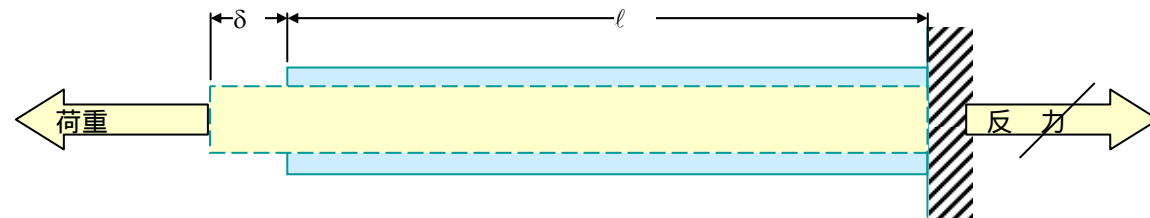


力、応力と歪 (続き)

- 応力 (引張応力)

- u 内力が与えられた時変形を起こす
(歪を生じる) $\varepsilon = \frac{\delta}{l}$

- u 歪を負荷荷重と元の断面積の関係で表現したものを応力と呼ぶ
(弾性域に限る)



力、応力と歪 (続き)

- HOOKの法則

$$\delta = \frac{P \times l}{A \times E}$$

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$\varepsilon = \frac{\delta}{l}$$

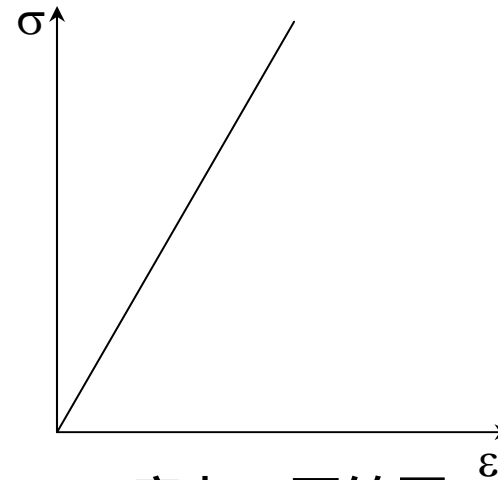
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

ここで

P:荷重

A:部材の断面積

E:材料の縦弾性係数(ヤング率)

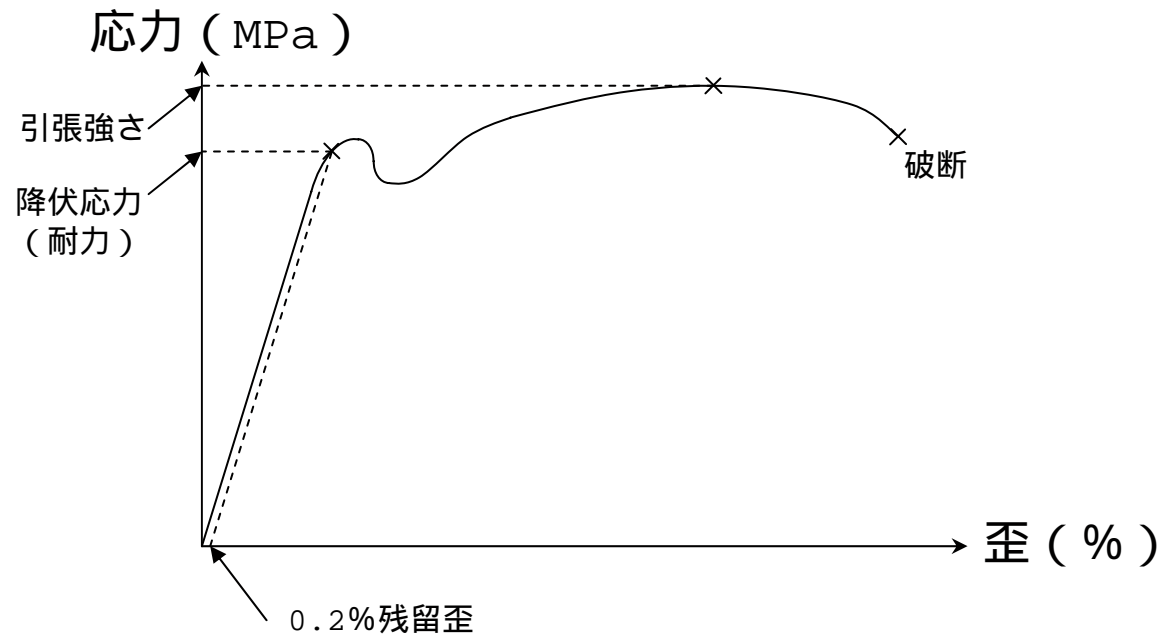


応力-歪線図

(弾性域)

力、応力と歪 (続き)

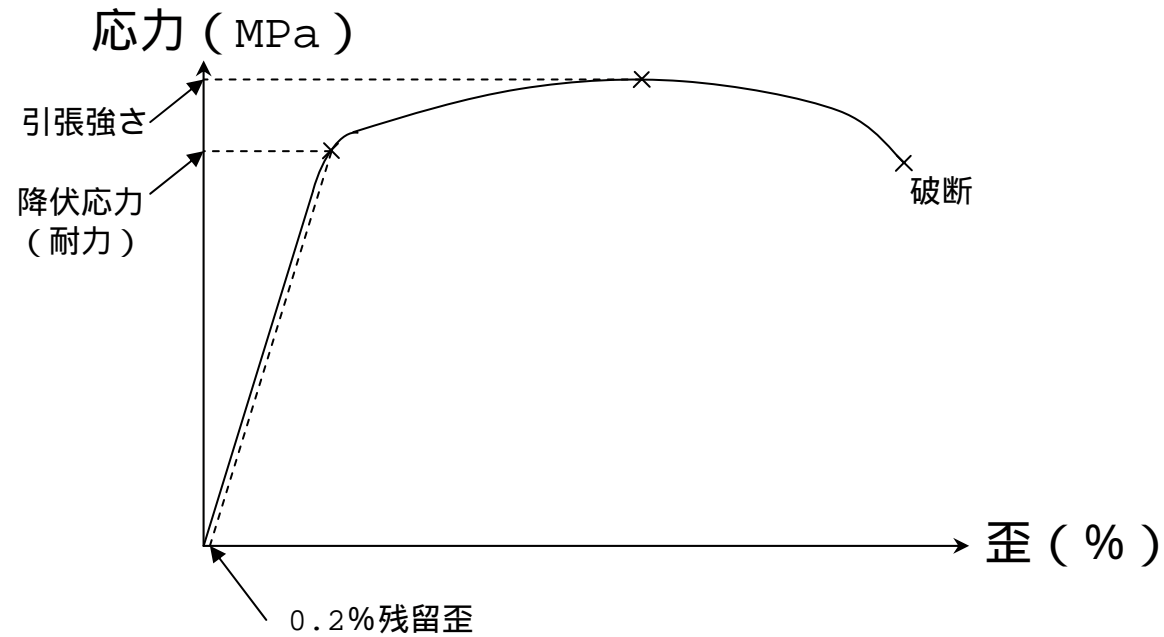
- 応力 - 歪線図
- 軟鋼の場合



力、応力と歪 (続き)

- 応力 - 歪線図

- アルミ合金など合金鋼の場合



力、応力と歪 (続き)

- 応力 - 歪線図

- 塑性域

- 降伏応力を超えると、塑性域となる
 - 塑性域に入ると、負荷荷重を除去しても変形が残る
 - この残留変形を塑性変形と呼ぶ

力、応力と歪 (続き)

- 縦歪と横歪

- 歪

- 棒は引張られて伸びると、断面は縮む
 - 引張られて伸びる歪を縦歪と呼ぶ
 - 断面が縮む歪を横歪と呼ぶ

- 縦歪

$$\varepsilon_x = \frac{x_1 - x_0}{x_0}$$

- 横歪

$$\varepsilon_d = \frac{d_1 - d_0}{d_0} \quad \text{ここで、} d_0 \text{は丸棒の直径}$$

力、応力と歪 (続き)

- 縦歪と横歪 (続き)

- ポアソン比

- 縦歪と横歪の比

$$\nu = \frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_d}$$

- 金属材料のポアソン比はおおむね0.30 ~ 0.33
 - ポアソン比が0.5以下の場合には体積が変化する
(ポアソン比が0.5以上の物質は現在まで見つかっていない)

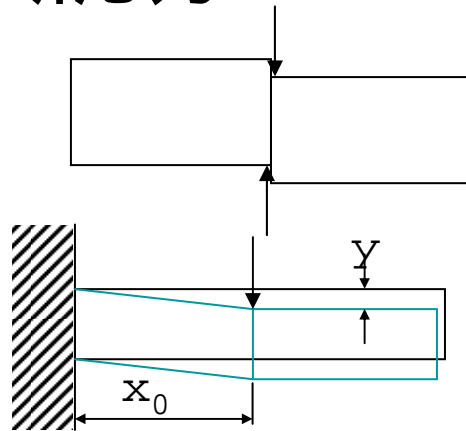
力、応力と歪 (続き)

- 引張応力以外の応力

- 圧縮応力

- 引張応力の逆

- せん断応力



$$\gamma = \frac{y}{x_0} \text{ せん断歪}$$

$$\tau = G \times \gamma \text{ せん断応力}$$

G : 横弾性係数

力、応力と歪 (続き)

- 引張応力以外の応力 (続き)
 - 曲げ応力
 - 曲げられた部材の外側は引張応力、内側は圧縮応力

