

2 材料強度

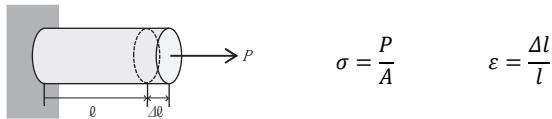
(1) 出題傾向

材料強度に関する問題は、ここ5年間で80%の確率で出題されています。
出題内容は、材料の強度特性や設計手法に関する内容について問うものです。

(2) 要点

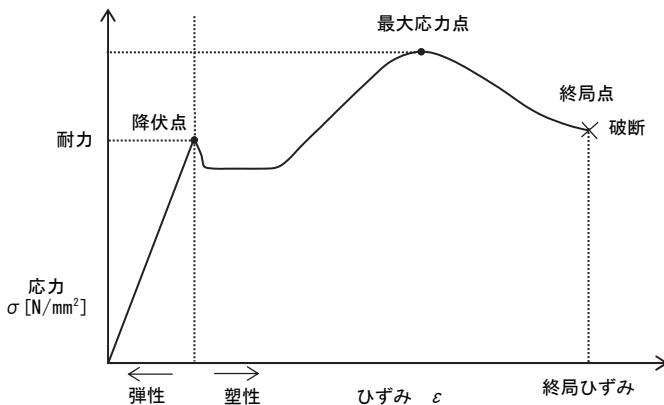
ア 応力とひずみ

固定された断面積 A の棒を一方向に P という力で引っ張った場合、応力 (σ) とひずみ (ϵ) は下式のように定義されます。応力 (P/A) は作用力 (P) を断面積 (A) で除したもの、ひずみ ($\Delta L/L$) はどれだけ伸び縮みしたかを示します。



応力とひずみ説明図

次に、応力とひずみの関係を下図に示します。応力が大きくなるにつれ、ひずみも一定の割合で大きくなり、減少に転じます。その後、ひずみの量が急増して、最終的に破断します。



材料強度特性に関する用語についてよく問われていますので、理解しておきましょう。

① 弾性

応力一ひずみ関係が比例関係にある範囲のことを弾性域といいます。弾性域のときの応力とひずみ関係は以下の式となります。

$$\sigma = E\varepsilon$$

E : 弹性係数又はヤング係数 (N/mm^2)

② 塑性

降伏点（弾性域）を超えて、応力とひずみが比例関係にならなくなる範囲を塑性域といいます。塑性域に達すると、力を除荷しても元の状態には戻らず残留ひずみが発生します。

③ 降伏

弾性域と塑性域の境目の点を降伏点といいます。一般的には、発生応力が降伏点以下となるように構造設計を行います。

④ 終局

材料は降伏後、塑性変形をしながらひずみ量が大きくなるのですが、最終的には完全に破断してしまいます。その破断点を終局点（引張強さ）といいます。

⑤ 耐力

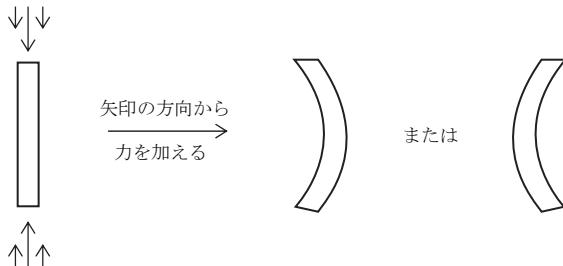
耐力とは、材料が降伏する時の応力のことであり、降伏点とほぼ同義です。

⑥ 強度

材料が支えられる最大の応力度のことをいいます。極限強度や最大応力度ともいいます。

イ 座屈

座屈とは、細長い部材に圧縮力を加えていくと、横にはらみ出しの変形が生じ、急激な耐力低下を起こす現象です。



座屈に抵抗する耐力は作用力とは無関係であり、部材の断面性能や長さ、境界条件により決まります。つまり、長細い柱より、ずんぐりむっくりした柱の方が座屈荷重は大きくなります。

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(Lk)^2}$$

P_{cr} : 座屈荷重

E : ヤング係数

I : 断面二次モーメント

Lk : 座屈長さ ($Lk = \alpha \times L$ 、 α は境界条件に応じた係数、L は支点間距離)

ウ 設計法

設計法として、「許容応力度設計法」と「限界状態設計法」の2種類があります。

① 許容応力度設計法

許容応力度設計法とは、部材に発生する応力度が、その部材の許容応力度（降伏強度に安全率を除した値）を超えないように断面寸法などを決定する方法です。

② 限界状態設計法

限界状態設計法とは、工事中及び共用中において、構造物の使用性、安全性、耐久性などの要求性能に着目した各限界状態を設定し、その限界状態ごとに設定された限界値を満足することを照査する設計法です。主な限界状態として、終局限界状態、使用限界状態、疲労限界状態の3つの状態があります。

- ・終局限界状態：構造物又は部材が破壊し、安定や機能を失う状態
- ・使用限界状態：ひび割れ、変形、振動により正常な使用ができないくなる状態
- ・疲労限界状態：繰り返し作用により、疲労破壊する状態

(3) 過去問題

【問題】

令和3年度 I-1-5

構造設計に関する次の（ア）～（エ）の記述について、それぞれの正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。ただし、応力とは単位面積当たりの力を示す。

- （ア）両端がヒンジで圧縮力を受ける細長い棒部材について、オイラー座屈に対する安全性を向上させるためには部材長を長くすることが有効である。
- （イ）引張強度の異なる、2つの細長い棒部材を考える。幾何学的形状と縦弾性係数、境界条件が同一とすると、2つの棒部材の、オイラーの座屈荷重は等しい。
- （ウ）許容応力とは、応力で表した基準強度に安全率を掛けたものである。
- （エ）構造物は、設定された限界状態に対して設計される。考慮すべき限界状態は1つの構造物につき必ず1つである。

ア イ ウ エ

- ① 正 誤 正 正
- ② 正 正 誤 正
- ③ 誤 誤 誤 正
- ④ 誤 正 正 誤
- ⑤ 誤 正 誤 誤

【問題の解説】

解答：⑤

- （ア）誤：座屈耐力を大きくするためには、部材長を短くする必要があります。
- （イ）正：記述のとおりです。
- （ウ）誤：許容応力とは、基準強度を安全率で除したものです。
- （エ）誤：限界状態は、使用限界状態や終局限界状態など、様々な状態があります。
- よって、正誤の組合せの正解は⑤となります。

【問題】**令和2年度 I-1-3**

次の（ア）から（オ）の記述について、それぞれの正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。

- （ア）荷重を増大させていくと、建物は多くの部材が降伏し、荷重が上がらなくなり大きく変形します。最後は建物が倒壊してしまいます。このときの荷重が弾性荷重です。
- （イ）非常に大きな力で棒を引っ張ると、最後は引きちぎれてしまいます。これを破断と呼んでいます。破断は、引張応力度がその材料固有の固有振動数に達したために生じたものです。
- （ウ）細長い棒の両端を押すと、押している途中で、急に力とは直交する方向に変形してしまうことがあります。この現象を座屈と呼んでいます。
- （エ）太く短い棒の両端を押すと、破断強度までじわじわ縮んで、最後は圧壊します。
- （オ）建物に加わる力を荷重、また荷重を支える要素を部材あるいは構造部材と呼びます。

ア イ ウ エ オ

- ① 正 正 正 誤 誤
- ② 誤 正 正 正 誤
- ③ 誤 誤 正 正 正
- ④ 正 誤 誤 正 正
- ⑤ 正 正 誤 誤 正

【問題の解説】**解答：③**

- ① 誤：破断荷重の間違いです。
 - ② 誤：引張力が「破断強度」を超えててしまうと破断が生じます。
 - ③ 正：記述のとおりです。
 - ④ 正：記述のとおりです。
 - ⑤ 正：記述のとおりです。
- よって、正誤の組合せの正解は③となります。

【問題】

令和元年度 I-1-4

材料の強度に関する次の記述の、□に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

下図に示すように、真直ぐな細い針金を水平面に垂直に固定し、上端に圧縮荷重が加えられた場合を考える。荷重がきわめて□ア□ならば針金は真直ぐな形のまま純圧縮を受けるが、荷重がある限界値を□イ□と真直ぐな変形様式は不安定となり、□ウ□形式の変形を生じ、横にたわみはじめる。この種の現象は□エ□と呼ばれる。



図 上端に圧縮荷重を加えた場合の水平面に垂直に固定した細い針金

- ア イ ウ エ
- ① 小 下回る ねじれ 座屈
 - ② 大 下回る ねじれ 共振
 - ③ 小 越す ねじれ 共振
 - ④ 大 越す 曲げ 共振
 - ⑤ 小 越す 曲げ 座屈

【問題の解説】

解答：⑤

(ア) : 小

(イ) : 越す

(ウ) : 曲げ

(エ) : 座屈

よって、正解は⑤となります。

【問題】**平成 29 年度 I-1-4**

材料の機械的特性に関する次の記述の、□に入る語句の組合せとして、最も適切なものはどれか。

材料の機械的特性を調べるために引張試験を行う。特性を荷重と□アの線図で示す。材料に加える荷重を増加させると□アは一般的に増加する。荷重を取り除いたとき、完全に復元する性質を□イといい、き裂を生じたり分離はしないが、復元しない性質を□ウという。さらに荷重を増加させると、荷重は最大値をとり、材料はやがて破断する。この荷重の最大値は材料の強さを表す重要な値である。これを応力で示し□エと呼ぶ。

ア イ ウ エ

- | | | | | |
|---|-----|----|----|------|
| ① | ひずみ | 弾性 | 延性 | 疲労限 |
| ② | 伸び | 塑性 | 弾性 | 引張強さ |
| ③ | 伸び | 弾性 | 延性 | 疲労限 |
| ④ | ひずみ | 延性 | 塑性 | 破断強さ |
| ⑤ | 伸び | 弾性 | 塑性 | 引張強さ |

【問題の解説】**解答：⑤**

(ア)：伸び

(イ)：弾性

(ウ)：塑性

(エ)：引張強さ

よって、正解は⑤となります。