

令和5年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[材料力学]

- 1 図1のような、ヤング率 E 、ポワソン比 ν の2次元等方弾性体について、以下の設問に答えよ。なお、座標軸は図のようにとるものとし、応力は単位面積あたりに作用する力と定義する。

【30点】

- (1) この弾性体が x 方向に引張り応力 σ_x のみを受けるとき、 y 方向の垂直ひずみ ε_y を求めよ。
- (2) この弾性体が x 方向に引張り応力 σ_x 、 y 方向に引張り応力 σ_y を受けるとき、 x, y 方向の垂直ひずみ $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ を求めよ。
- (3) この弾性体の y 方向の変形（ひずみ）を拘束し、 x 方向に引張り応力 σ_x を与えるととき、 y 方向の引張り応力 σ_y を求めよ。
- (4) 設問(3)において、この弾性体にはたらく最大せん断応力 $\tau_{\max}$ を求めよ。

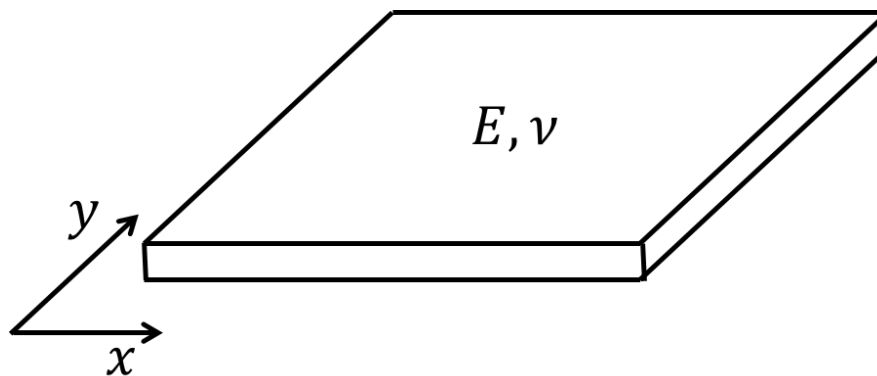


図1

2 はりのたわみについて、以下の設問に答えよ。なお、以下の設問において、はりの曲げ剛性は EI とし、はりの自重の影響は無視する。

【40点】

- (1) 図2のように、長さ l の片持ちはりに単位長さあたり ρ の等分布荷重がはたらくとき、はりのせん断力図、曲げモーメント図を描け。また、自由端のたわみ角 θ_1 及びたわみ δ_1 を求めよ。
- (2) 図3のように、長さ l の片持ちはりに、固定端から距離 l_2 の点に下向き集中荷重 P_2 が作用するとき、自由端のたわみ角 θ_2 及びたわみ δ_2 を求めよ。
- (3) 図4のように、長さ $2l$ の片持ちはりの右端がばね定数 k のばねに接続されている。このときばねは自然長である。このはりの中央部に下向き集中荷重 P_3 が作用するとき、はりの右端のたわみ（変位量） δ_3 を求めよ。ただし、ばねは常に鉛直に保たれ、はりの右端には鉛直方向への力が作用するものとする。

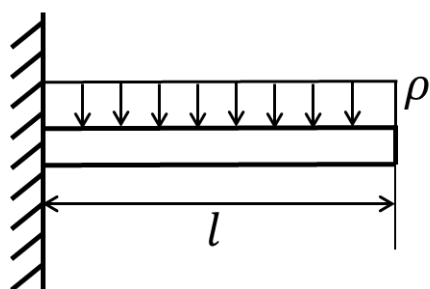


図 2

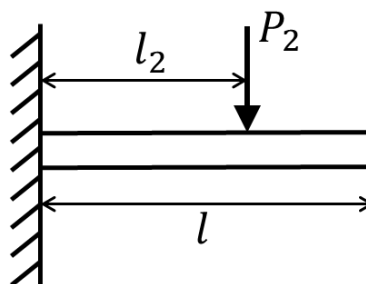


図 3

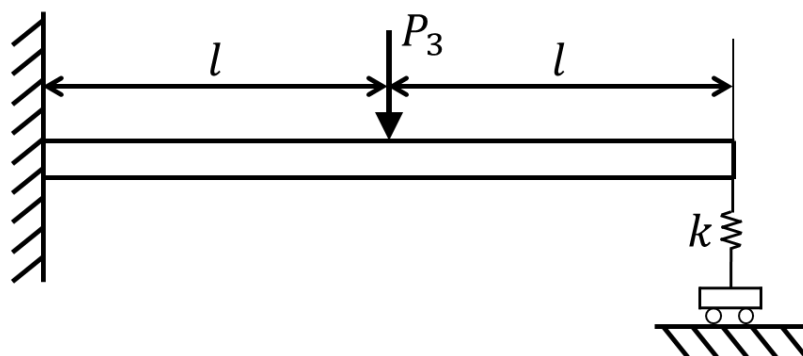


図 4

- 3 図5のように下端が地面に固定された長さ l 、曲げ剛性 EI の柱の上端に、下向き荷重 P が加えられるときの座屈について考える。下記の文章の空欄（ア）～（ケ）に入る適切な式または値を答えよ。ただし、使用する記号が指定されている場合にはそれに従うこと。また、（コ）（サ）には柱の概形を描け。なお、載荷前の柱は地面に垂直であるとする。

【30点】

図6のように、上端で δ のたわみを生じてつりあった状態を考える。固定端より図のように座標軸をとると、固定端から x の位置での曲げモーメント M は、その位置のたわみ量 y 、荷重 P 及び δ を用いて

$$M = \boxed{\text{ア}}$$

と書けるから、この柱を片持ちはりとみなすと

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \boxed{\text{イ}} \cdots \cdots (1)$$

が成り立つ（ただし（イ）は P, EI, δ, y を用いて表せ）。

ここで $\lambda = \sqrt{P/(EI)}$ とおけば、式（1）の一般解は C_1, C_2 を定数として

$$y = C_1 \sin \lambda x + C_2 \cos \lambda x + \delta$$

で与えられる。

下端での境界条件は

$$\boxed{\text{ウ}} \text{ 及び } \boxed{\text{エ}}$$

であることから、 $C_1 = \boxed{\text{オ}}$ 、 $C_2 = \boxed{\text{カ}}$ が得られる。また、上端での境界条件 $y = \delta$ を考えると、たわみが至る所でゼロとなる状態以外のたわみ曲線が得られる条件は、

$$\boxed{\text{キ}}$$

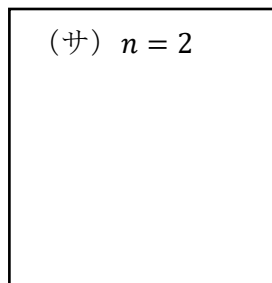
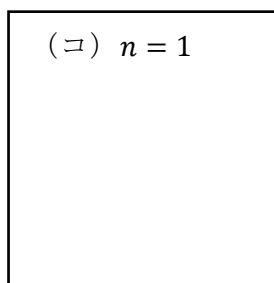
である（ただし（キ）は λ, l を用いて表せ）。これを満たす λ は、 n を0以上の整数として

$$\lambda = \boxed{\text{ク}}$$

と表せる。 $n = 0$ のときの P は座屈荷重と呼ばれ、これを P_c とすると、

$$P_c = \boxed{\text{ケ}}$$

である。 $n = 1, 2, \dots$ のときの P は分岐荷重と呼ばれ、これに対応するたわみ曲線の概形は



のようになる。

（次頁へ続く）

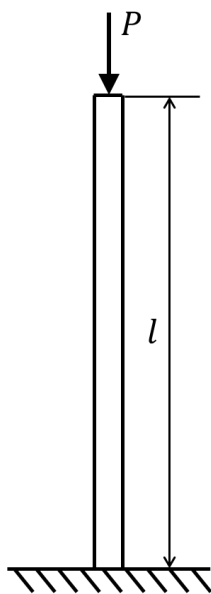


图 5



图 6