

令和6年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[材料力学]

- 1 図1-1に示すように、長さ l の単純支持梁 A (ヤング率: E_A) がその中点に集中荷重 P を受けている。梁 A の断面は幅 w 、高さ h の長方形であり、この梁 A のたわみ量を低減させるため、上面と下面をとともに厚さ $d/2$ 、幅 w の鋼板 B (ヤング率: E_B 、 $E_B > E_A$) で補強することを考える (図1-2)。座標の原点は図1-1における点 C とし、座標軸は図のようにとるものとする。 w 、 h 、 d は l に対して十分小さく、部材の自重は無視でき、梁 A と鋼板 B は強固に密着し剥がれないものとして、以下の設問に答えよ。応力は単位面積あたりに作用する力と定義する。

【40点】

- (1) 無補強の梁 A の z 軸に関する断面二次モーメント I_z を求め、 $0 \leq x \leq l/2$ の範囲においてたわみ $\delta(x)$ を x の関数として表せ。
- (2) 鋼板 B で補強した梁 A に関して、次の文章の空欄 (ア) ~ (キ) に入る適切な数式を答えよ。

図1-3に示すように、鋼板 B で補強した梁 A に曲げモーメント M が作用したわんでいるとき、断面に生じる垂直応力は曲率半径を ρ 、中立面 NN' からの距離を y とすると、梁 A と鋼板 B それぞれについて

$$\begin{aligned}\sigma_x^A &= \boxed{\text{(ア)}} \\ \sigma_x^B &= \boxed{\text{(イ)}}\end{aligned}$$

と表すことができる。次に図1-2において、断面の微小領域の面積 dS は y 軸方向の微小要素を dy とすると

$$dS = \boxed{\text{(ウ)}}$$

と表すことができる。上記を踏まえると、微小領域上に作用する法線力は梁 A と鋼板 B それぞれについて、

$$\begin{aligned}dF_A &= \boxed{\text{(エ)}} \\ dF_B &= \boxed{\text{(オ)}}\end{aligned}$$

(次頁へ続く)

となる。ここで、 x 軸上の力は釣り合っているので、 dF_A 、 dF_B をそれぞれ全断面積に渡って積分した和は0となる。一方、 dF_A を

$$dF_A = \boxed{\text{ (力) }} \times dF_B$$

と書き換えた後に上記の積分を実行しても同様の結果が得られる。つまり、鋼板 B で補強した梁 A は、図 1－4 のようなフランジ厚 $d/2$ 、ウェブ幅 $\boxed{\text{ (キ) }}$ の均一な H 型鋼材と等価であるとみなせる。

- (3) 鋼板 B で補強した梁 A の最大たわみ量が無補強の梁 A のその 1/2 となるときの、梁 A の高さ h と鋼板 B の合計の厚さ d との関係を求めよ。 $E_A/E_B = 0.2$ とする。

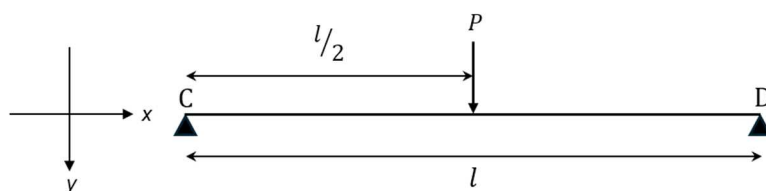


図 1－1

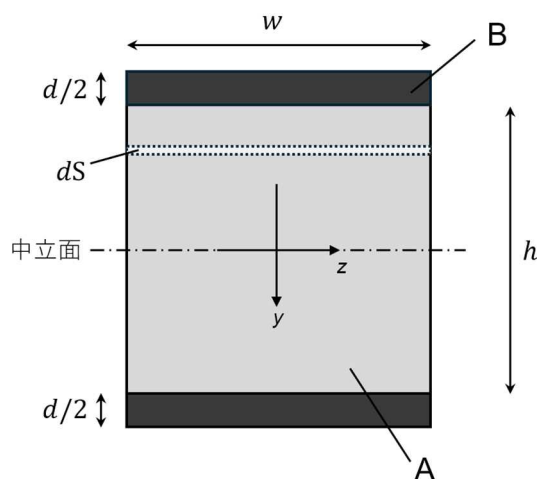


図 1－2

(次頁へ続く)

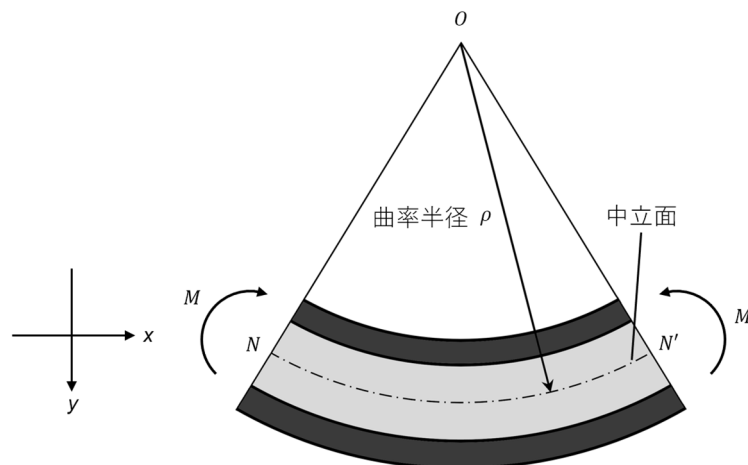


図 1 - 3

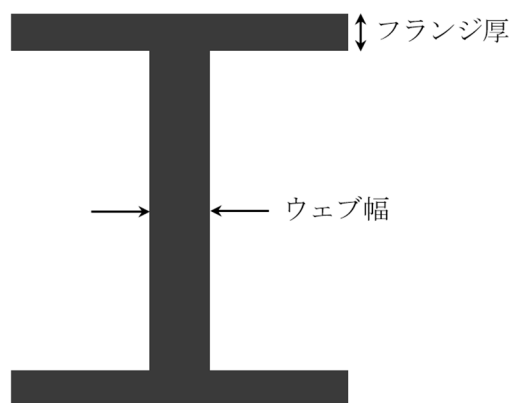


図 1 - 4

- 2 図2に示すように、蓋つき薄肉円筒缶（高さ h 、半径 r 、肉厚 t ）の高さ h_l まで不揮発性の液体（密度 ρ ）が入れられ、残りの部分は内圧 p の理想気体で満たされている。いま、本円筒缶を常温 T_0 から T に一樣に加熱した際の前記円筒缶の容器としての健全性を考える。大気圧を p_0 （ $p > p_0$ ）、重力加速度を g として以下の設問に答えよ。なお、蓋は柔軟な素材でできており、円筒部に与える力は十分小さく考慮しないと、また、円筒缶の自重、気体の重量、蓋の変形、円筒缶と液体の熱膨張、気体の液体への溶解は無視できるものとする。応力は単位面積あたりに作用する力と定義する。

【40点】

- (1) 円周応力 σ_θ と軸応力 σ_z が最大となる位置を示し、 σ_θ と σ_z を h 、 h_l 、 r 、 t 、 ρ 、 p 、 p_0 、 g のうち必要なものを用いて表せ。

(次頁へ続く)

- (2) (1)に対応するモールの応力円を図示し、主応力および主せん断応力を求めよ。
- (3) 主応力を降伏条件とすると、降伏により前記円筒缶の容器としての健全性が損なわれる際の t と r の関係を示せ。ただし、円筒缶の降伏応力 σ_y は $T_0 \sim T$ の温度域で $\ln \sigma_y = C_1 - C_2 T$ (C_1, C_2 : 定数)の温度依存性を示し、 T_0 のとき $\sigma_y = \sigma_y^0$ とする。

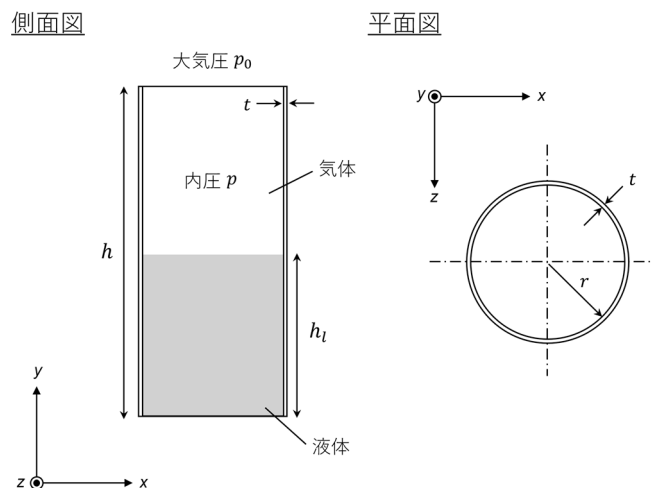


図 2

- 3 金属製の丸棒ダンベル試験片（原寸法：直径 d_0 :10mm、標点距離 l_0 :50mm）の引張試験を実施し、図3-1に示される荷重－変位曲線を得た。図3-2は同曲線の原点近傍の詳細図である。標点間以外の変形と試験片の体積変化は無視できるものとし、以下の設問に答えよ。応力は単位面積あたりに作用する力と定義する。

【20点】

- (1) 試験片の原寸法を基準とする公称応力－公称ひずみ関係に基づいて、本試験片のヤング率および引張強さ（極限強さ）を概算せよ。円周率は3.14、単位はPa、有効数字は2桁とする。
- (2) 材料の挙動をより正確に記述する必要がある場合、変形時の試験片の寸法変化を考慮した真応力、真ひずみが用いられる。引張荷重により標点距離が l となった試験片の微小伸び dl に関して、真ひずみ ε_t は $d\varepsilon_t = dl/l$ で定義される。一方、公称ひずみ ε_n は $d\varepsilon_n = dl/l_0$ で定義される。 ε_t を ε_n の関数として表せ。
- (3) 真ひずみ ε_t を変形時の直径 d と原寸法の直径 d_0 を用いて表せ。

(次頁へ続く)

- (4) 本試験片の公称ひずみ ε_n が 0.15 となった際の断面積を求めよ。有効数字は3桁とする。

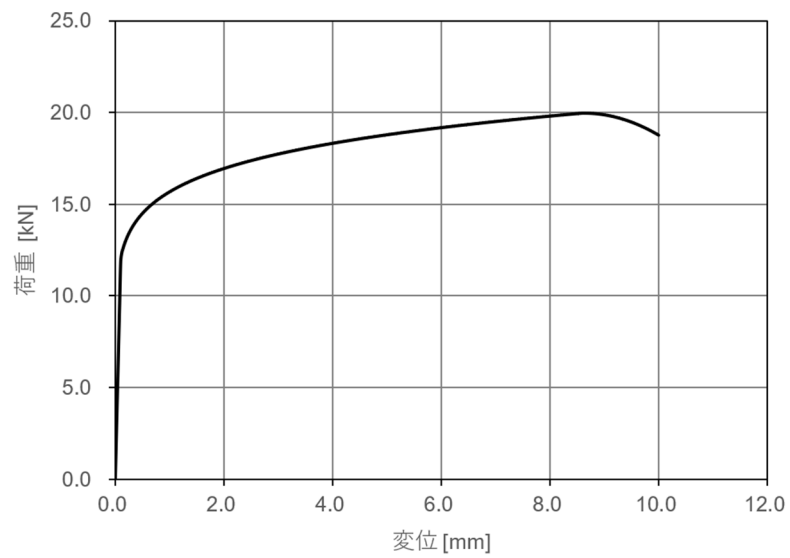


図 3 - 1

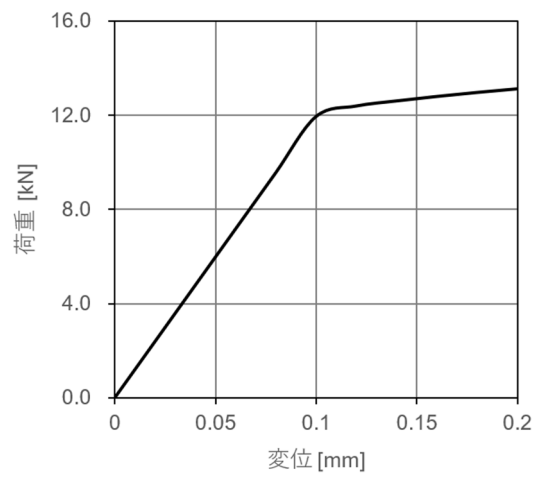


図 3 - 2