

令和7年度弁理士試験論文式筆記試験問題

[材料力学]

1 以下の設問に答えよ。応力は単位面積に作用する力とする。

【40点】

(1) 図1-1のように、剛性壁に水平の部材AC（長さ L ）と斜めの部材BCを結合し両者のなす角が θ となるトラス構造を構築した。節点Cに鉛直下向きに荷重 P を作用させ、その移動後の節点C'を考える。部材AC、BCの断面積 S と縦弾性率 Y はそれぞれ等しく、自重による変位は無視できる。なお、節点A、B、Cはピン結合であるものとする。

- ① 各部材に作用する応力 σ_{AC} 、 σ_{BC} を L 、 P 、 S 、 Y 、 θ のうち必要なものを用いて表せ。
- ② 節点Cから移動後の節点C'への変位 d_C を L 、 P 、 S 、 Y 、 θ のうち必要なものを用いて表せ。

(2) 次に部材BCの長さを変更し、4部材を追加して図1-2のようなトラス構造を構築した。節点Eに鉛直下向きに荷重 P を作用させた際の鉛直方向変位 d_E^y を考える。各部材の断面積 S と縦弾性率 Y はそれぞれ等しく、自重による変位は無視できる。なお、節点A、B、C、D、Eはピン結合であるものとする。

- ① 各部材に働く部材力 P_{AC} 、 P_{BC} 、 P_{BD} 、 P_{CD} 、 P_{CE} 、 P_{DE} を L 、 P 、 S 、 Y のうち必要なものを用いて表せ。
- ② トラス全体に蓄えられるひずみエネルギー U と節点Eの鉛直方向変位 d_E^y を L 、 P 、 S 、 Y のうち必要なものを用いて表せ。

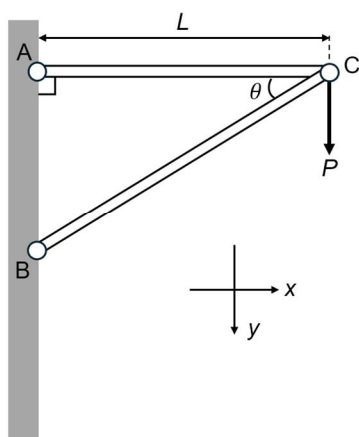


図1-1

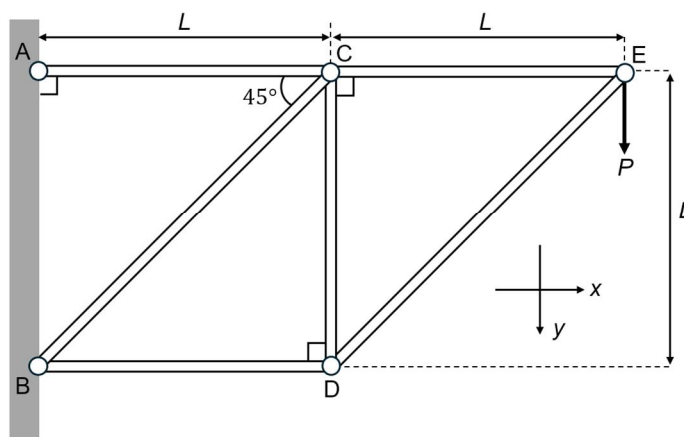


図1-2

2 以下の設問に答えよ。応力は単位面積に作用する力とする。

【40点】

(1) 図2のように中空丸軸（せん断弾性係数 G 、内径 $2r$ 、肉厚 t 、長さ 500 mm ）左端 O にモーターが接続されており、左端 O から 200 mm の位置 A にギア I、右端 B にギア II が緩みなく取り付けられ、モーターから中空丸軸および各ギアに回転力が伝達されている。今、ギア I は拘束されておらず、ギア II は軸が回転しないよう完全に固定されている。なお、各ギアの厚みや重量は考慮しなくてよい。

- ① 中空丸軸の円形断面の断面二次極モーメント J を G 、 r 、 t のうち必要なものを用いて表せ。
- ② モーターから伝達される回転軸回りのトルクを T として、中空丸軸の単位長さ当たりのねじり角 θ を T 、 G 、 r 、 t のうち必要なものを用いて表せ。
- ③ 中空丸軸のねじりにおける最大せん断応力 $\tau_{\max}$ を T 、 G 、 r 、 t のうち必要なものを用いて表せ。

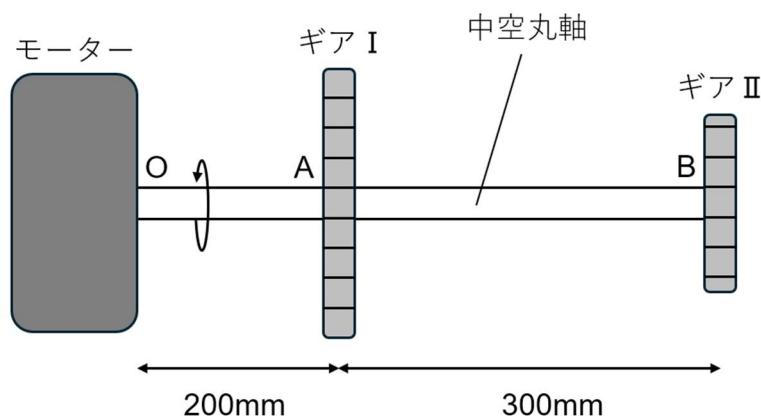


図 2

(2) 次に、ギア I、II を外部装置に接続し、回転数 500 rpm で中空丸軸が回転しているとす。ギア I、II からの出力をそれぞれ 40 kW 、 20 kW とし、モーターの入力から外部装置までの間に損失はないものとする。また、 $r = 20\text{ mm}$ 、 $t/r = 0.50$ 、 $G = 50\text{ GPa}$ とする。

- ① 中空丸軸の OA 間および AB 間に負荷されるトルク T_{OA} 、 T_{AB} を求めよ。
- ② 中空丸軸の OB 間のねじり角 ϕ を求めよ。
- ③ 中空丸軸に負荷される最大せん断応力の値を求めよ。

- 3 以下の金属材料の強度に関する記述について、空欄（ア）～（コ）に入る最も適切な用語を与えられた以下の【語句】の一覧から単独もしくは複数組み合わせた用語で答えよ（用語の例：高+周波+ひずみ＝高周波ひずみ）。なお同じ語句を異なる空欄に対して複数回用いることは妨げない。

【20点】

- (1) 金属材料は静的な破断荷重以下の負荷であっても繰り返し負荷により破断する現象が見られる場合がある。この現象を（ ア ）破壊という。一般に荷重負荷の繰返し数が 10^5 程度よりも多い回数での（ ア ）を（ イ ）と呼ぶ。（ イ ）領域では、負荷される（ ウ ）振幅と破断に至る繰返し数の対数との間に相関が認められ、この関係を示したものを（ エ ）曲線と呼ぶ。鉄鋼材料などにおいては繰返し数が 10^8 以上に及んでも破断が認められない（ ウ ）振幅値の上限があり、この値を（ オ ）と呼ぶ。

【語句】 応力、荷重、ひずみ、変位、疲労、クリープ、極限、限度、上限、高、低、サイクル、負荷、周波、S-N、 σ - ϵ

- (2) 金属材料に荷重を負荷すると、ある温度(T_d)より高温側では比較的大きな（ カ ）変形を示し、低温側では（ カ ）変形をあまり伴わず破断に至る。前者の性質を（ キ ）、後者の性質を（ ク ）と呼ぶ。また、 T_d を（ ケ ）温度と呼ぶ。通常 T_d は（ コ ）試験により吸収エネルギーの温度依存性を評価することにより求められる。

【語句】 弾性、塑性、粘性、延性、脆性、遷移、変態、対応、衝撃、引張、シャルピー、クリープ、SSRT