

## 構造 問 2

温度応力および残留応力の発生に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 図-1 に示すように長さ  $l$ 、断面積  $A$ 、弾性係数  $E$ 、線膨張係数  $\alpha$  の鋼棒の両端が拘束された状態で、温度変化  $\Delta T$  を受けたときに棒に生じる応力を求めよ。ただし、応力は引張を正、圧縮を負として表すものとする。
- (2) 鋼の線膨張係数  $\alpha = 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、弾性係数  $E = 200\text{GPa}$ 、降伏点応力は  $350\text{MPa}$  である。図-1 の両端を拘束された状態で、何度の温度変化があれば鋼棒は降伏するか。

鋼の弾性係数および降伏点応力は高温になると低下する。図-2 は鋼材の弾性係数  $E$  と降伏点応力  $\sigma_Y$  の温度依存性を示している。鋼棒は温度および引張・圧縮に関わらず図-2 右側に示したように完全弾塑性体としての性質を有するとする。

図-3 に示すように、同じ断面積、長さの 3 本の鋼棒の両端が剛なブロックで接続されているモデルを考える。両側の棒を室温 ( $20^{\circ}\text{C}$ ) に保った状態で中央の鋼棒を  $600^{\circ}\text{C}$  まで上昇させ、再び室温まで戻した時の鋼棒中の応力の変化を以下の順序で考える。

- (3) 鋼棒中の応力は中央の鋼棒の温度が上昇するに従って変化する。中央の鋼棒の温度を  $\Delta T$  ほど上昇させたときの両側の鋼棒の応力  $\sigma_s$  および中央の鋼棒の応力  $\sigma_m$  を求めよ。ただし、室温での弾性係数を  $E$ 、温度  $T$  での弾性係数を  $E_T$  として表示せよ。線膨張係数  $\alpha$  は温度により変化しないものとする。
- (4) 図-2 の物性を用いて中央の鋼棒が降伏するときの温度を求めよ。その結果を図-4 に示す、温度と中央の鋼棒中の応力の関係として示せ。全ての鋼棒の温度が等しい状態を A で、中央の棒が降伏する点を B として示し、その間の温度と応力の関係を図示すること。
- (5) 中央の棒の温度が  $600^{\circ}\text{C}$  となったときの中央の鋼棒の応力を求めよ。また、その結果を図-4 中に C 点としてプロットし、B 点と C 点との間を適切と考えられる曲線で結びなさい。
- (6)  $600^{\circ}\text{C}$  から中央の鋼棒の温度を下げ始めると中央の棒は弾性的な挙動を示し、その応力はすぐに引張応力に変わる。さらに温度を下げると  $200^{\circ}\text{C}$  となった時点で引張側の降伏点 (D 点) に達したことが分かった。中央の鋼棒の温度が室温まで戻った状態を E 点とするとき、図-4 中に D 点、E 点を記入し、C-D-E 点を結ぶ曲線を描きなさい。
- (7) 室温まで戻した状態での中央と両側の鋼棒に生じている応力 (残留応力) を計算しなさい。

注 問題用紙のうち図-4 を解答用紙とともに提出すること

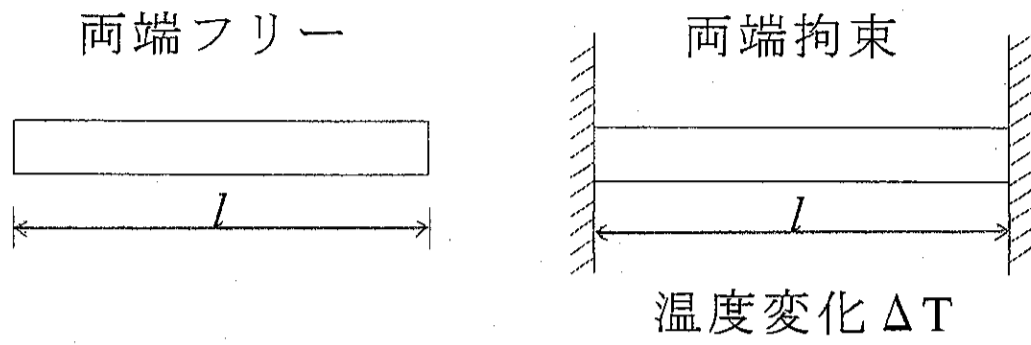


図-1 鋼棒に生じる温度応力

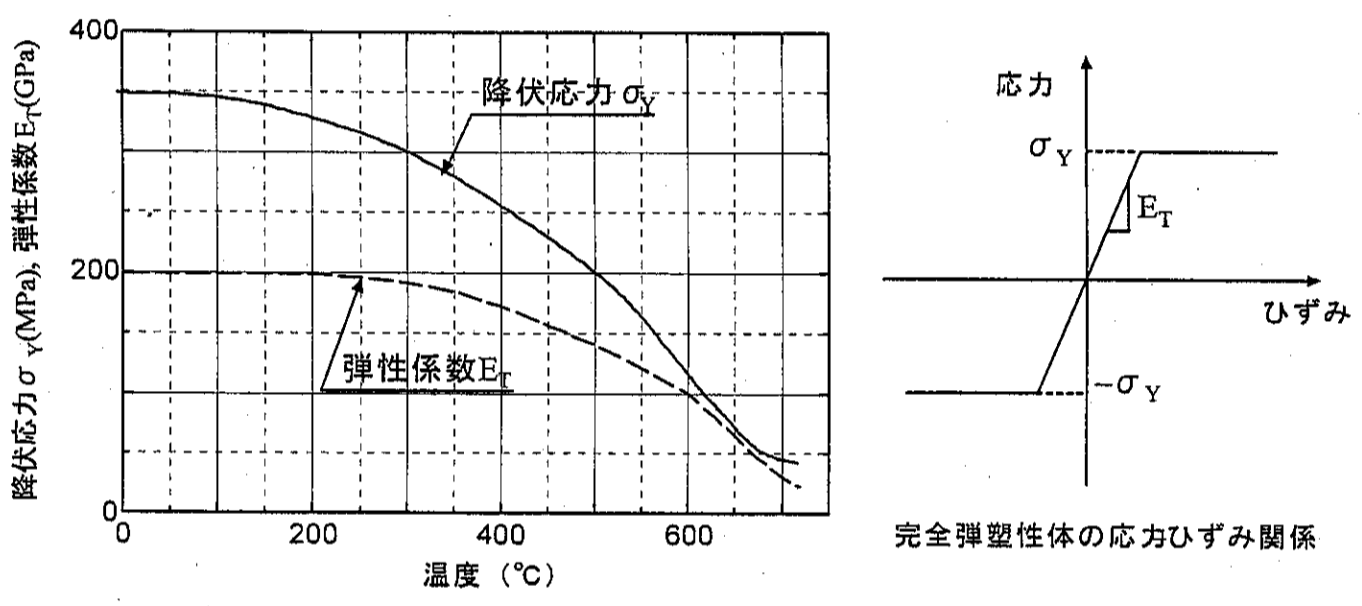


図-2 鋼の降伏応力、弾性定数の温度依存性

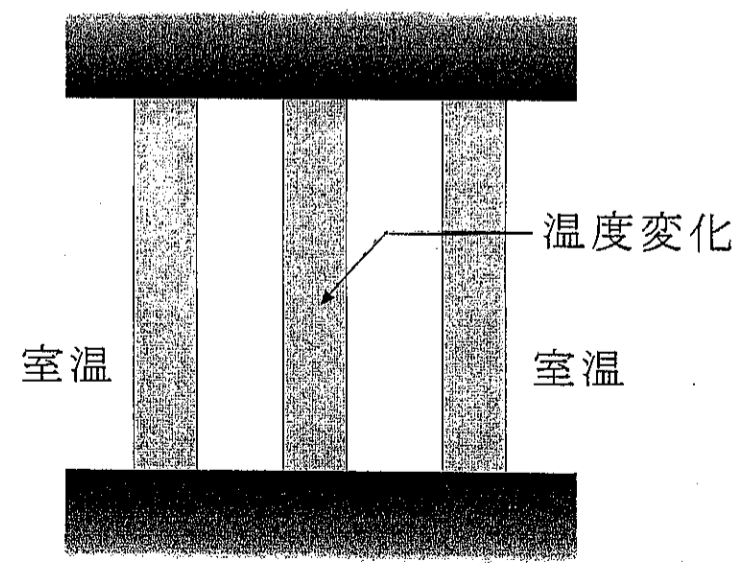


図-3 両端が剛なブロックで結ばれた3本の鋼棒

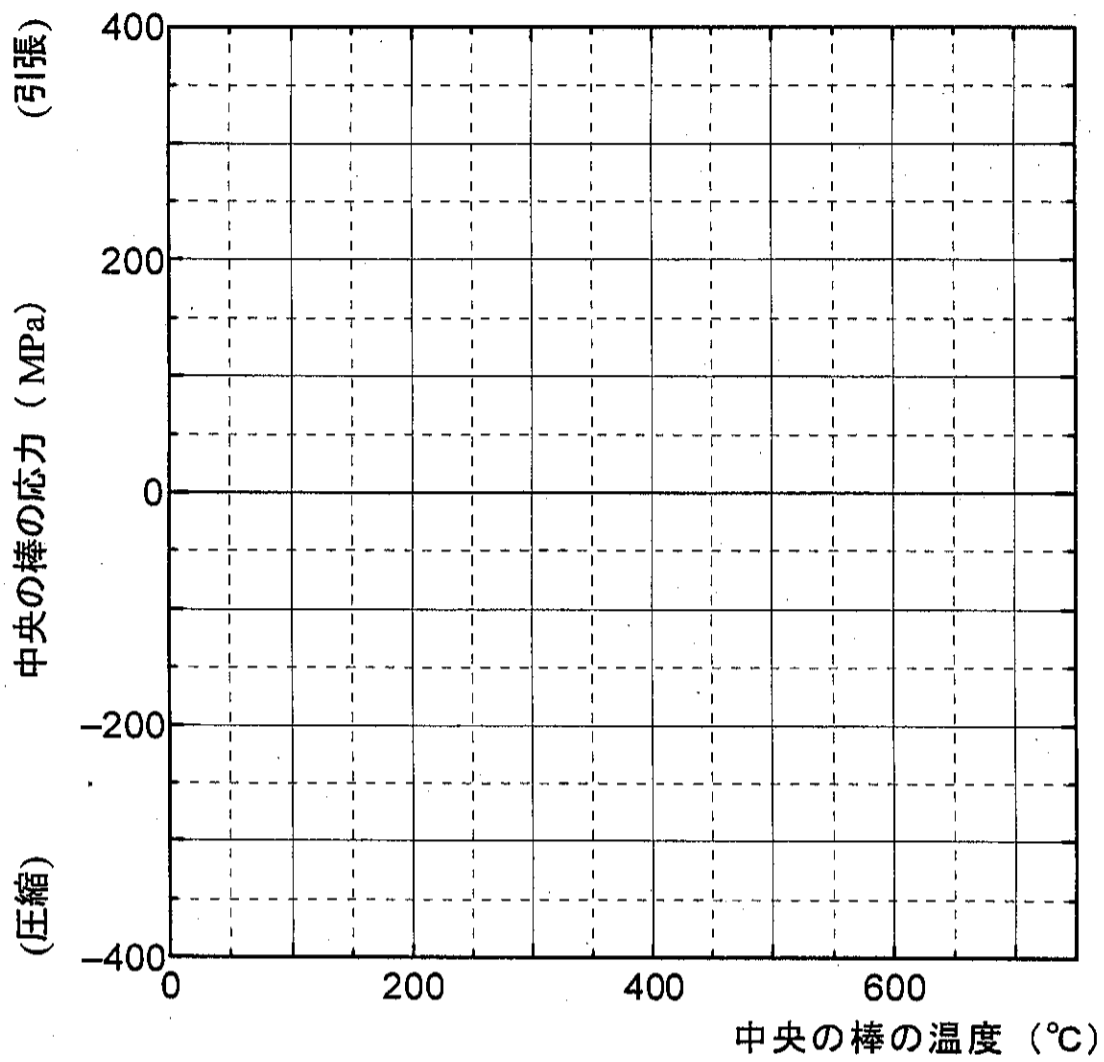


図 - 4 中央の棒の応力の変化図

注 この用紙は解答用紙とともに提出すること。