

問題1: 下記の設問に解答せよ(単位と有効桁数に注意せよ)。ただし, 不要な条件も含まれている場合がある。

1. 径が D32 (公称断面積 =  $7.942\text{cm}^2$ )、長さが 2 m の鉄筋鋼棒(異型鉄筋, SD295)の応力~ひずみ曲線を描け(降伏点の座標を明示せよ)。また、この鉄筋鋼棒に、80kN の荷重を与えた場合、3.5mm 変形(伸び)を与えた場合、降伏させた場合、を考え、これらを応力~ひずみ曲線上にプロットせよ(線上に、  
、  
を記す)。

与えられた 3 点、  
、  
は次のようにまとめられる。

ただし、降伏ひずみ  $\varepsilon_f$  は、 $\varepsilon_f = f_y / E_s = 295\text{N/mm}^2 / 200\text{kN/mm}^2 = 1.475 \times 10^{-3}$

$$\sigma_s = 80 \times 10^3 \text{N} / 794.2 \text{mm}^2 = 101 \text{N/mm}^2 < f_y \quad : \text{降伏していない(弾性状態)}$$

$$\varepsilon_s = 3.5 \text{mm} / 2 \times 10^3 \text{mm} = 1.75 \times 10^{-3} \geq \varepsilon_f \quad : \text{降伏している(塑性状態)}$$

$$\text{降伏点: } \sigma_s = f_y = 295 \text{N/mm}^2 \quad \varepsilon_s = \varepsilon_f = 1.475 \times 10^{-3}$$

2. 直径 10 cm/高さ 20 cm の円柱供試体を用いて、普通コンクリート(圧縮強度を  $24\text{N/mm}^2$ )の圧縮試験を行った。このとき、次の諸量を解答せよ。

弾性係数(ヤング率)、80kN 載荷したときのひずみと応力、破壊時の圧縮荷重(最大荷重)。

・最大荷重  $P = \text{圧縮強度} (\text{N/mm}^2) \times \text{断面積} (\text{mm}^2)$  によって、求められる。

$$\text{圧縮強度を } 24\text{N/mm}^2 \quad \text{弾性係数: } E_c = 25\text{kN/mm}^2$$

$$80\text{kN 載荷: } \sigma = 80 \times 10^3 \text{N} / \pi(100/2)^2 \text{mm}^2 = 15.3 \text{N/mm}^2$$

$$\text{最大荷重} = \text{圧縮強度} \times \text{断面積: } 24\text{N/mm}^2 \times \pi(100/2)^2 \text{mm}^2 = 188\text{kN}$$

3. 径が D19 (公称断面積 =  $2.865\text{cm}^2$ )、長さが 100cm の鉄筋鋼棒(SD345)を、50kN で引張ったとき変形量(伸び量)を算定したい。降伏しているか? 引張ひずみ、変形量(伸び量)、の順に解答せよ。

$$\text{降伏強度: } f_y = 345\text{N/mm}^2 \text{、降伏ひずみ: } \varepsilon_f = f_y / E_s = 345\text{N/mm}^2 / 200\text{kN/mm}^2 = 1.725 \times 10^{-3}$$

$$\text{鉄筋の応力: } \sigma_s = 50 \times 10^3 \text{N} / 286.5 \text{mm}^2 = 175 \text{N/mm}^2 < f_y \quad : \text{降伏していない(弾性状態)}$$

$$\text{鉄筋のひずみ: } \varepsilon_s = (175 \text{N/mm}^2) / (200 \times 10^3 \text{N/mm}^2) = 0.873 \times 10^{-3}$$

$$\text{鉄筋の変形量: } \delta_s = \varepsilon_s \times \text{長さ} = (0.873 \times 10^{-3}) \times 1000 \text{mm} = 0.813 \text{mm}$$

4. 圧縮強度が  $55\text{N/mm}^2$  のコンクリートの、弾性係数(ヤング率)、引張強度、を解答せよ。

$$f'_c = 50\text{N/mm}^2 \Rightarrow E_c = 33\text{kN/mm}^2 \text{、} f'_c = 60\text{N/mm}^2 \Rightarrow E_c = 35\text{kN/mm}^2$$

$$\text{以上より、} f'_c = 55\text{N/mm}^2 \Rightarrow E_c = 34\text{kN/mm}^2$$

$$\text{引張強度: } f_t = 0.23 f_c'^{2/3} = 0.23(55)^{2/3} = 3.33\text{N/mm}^2$$

5. 中心圧縮荷重  $P=12\text{MN}$  を受ける鉄筋コンクリート部材について、以下を解答せよ。ただし、断面諸元として、断面（正方形）： $800\text{mm} \times 800\text{mm}$ 、総鉄筋量： $12 \times D32$ 。また、コンクリートは問題4、鉄筋は問題1と同一の材料を用いる。従って、弾性係数比  $n=200 \text{ kN/mm}^2/34\text{kN/mm}^2$ 、とする。

剛度係数  $np$ 、 平均応力、 コンクリート応力、 鉄筋応力

$$\text{剛度係数: } n = 200/34 = 5.882, p = 12 \times 794.2 / 800^2 = 0.01489, np = 5.882 \times 0.01489 = 0.0876$$

$$\text{平均応力 } : \sigma = 12 \times 10^6 \text{ N} / (800)^2 \text{ mm}^2 = \underline{18.75 \text{ N/mm}^2}$$

$$\text{コンクリート応力、 } \sigma_c = \frac{\sigma}{1+np} = \frac{18.75}{1+0.0876} = \underline{17.2 \text{ N/mm}^2}$$

$$\text{鉄筋応力: } \sigma_s = \frac{n\sigma}{1+np} = \frac{0.0876 \cdot 18.75}{1+0.0876} = \underline{101 \text{ N/mm}^2} \text{、別解: } \sigma_s = n\sigma_c = 5.88 \cdot 17.2 = 101 \text{ N/mm}^2$$

6. 収縮を受ける鉄筋コンクリート部材について、次式を用いて、ひび割れ発生時の収縮ひずみ  $\varepsilon_{sh}^*$  を求めよ。ただし、断面諸元 / 材料条件は問題5.と同一とする。

$$\varepsilon_{sh}^* = \frac{f_t}{E_c} \cdot \frac{1+np}{np}$$

また、算定された収縮ひずみ  $\varepsilon_{sh}^*$  を用いて、コンクリート応力  $\sigma_c$  を算出せよ。

・ 断面条件： $np = 5.882 \times 0.01489 = 0.0876$  : (問題5.と同じ)。

・ 材料条件：圧縮強度  $f_c' = 55 \text{ N/mm}^2$  を用いて、

$$\text{ヤング係数 } E_c = 34 \text{ kN/mm}^2 \text{、引張強度 } f_t = 0.23 f_c'^{2/3} = 3.33 \text{ N/mm}^2 \text{、}$$

$$\text{準備計算: } \frac{1+np}{np} = \frac{1+0.0876}{0.0876} = 12.4, \frac{f_t}{E_c} = \frac{3.33}{34 \times 10^3} = 0.0979 \times 10^{-3} = 97.9 \times 10^{-6}$$

ひび割れ発生時の収縮ひずみ  $\varepsilon_{sh}^*$  :

$$\varepsilon_{sh}^* = \frac{f_t}{E_c} \cdot \frac{1+np}{np} = 0.0979 \times 10^{-3} \times 12.4 = \underline{1.21 \times 10^{-3}}$$

このときのコンクリート応力:

$$\sigma_c = \frac{np}{1+np} E_c \varepsilon_{sh}^* = \frac{0.0876}{1.0876} \cdot (34 \times 10^3 \text{ N/mm}^2) \cdot (1.21 \times 10^{-3}) = \underline{3.31 \text{ N/mm}^2}$$

\*コメント:算出されたコンクリート応力が、当初設定した引張強度になっていることに注意されたい( $\sigma_c = f_t$ )。すなわち、ひび割れ発生条件として、‘コンクリート応力が引張強度に達したとき’、と設定しているので、数値解析結果がそのようになった。(ただし、両者の違い( $\sigma_c = 3.31 \text{ N/mm}^2$ 、 $f_t = 3.33 \text{ N/mm}^2$ )は算定過程にて生じた誤差であるので、気にする必要はない)。