

2015年10月23日実施『鉄筋コンクリート棒部材の曲げに関する小テスト』の解答

解答は略解を示す。詳細は講義で解いた例題の解答を参照のこと。【50点満点】

(1) 曲げひび割れ発生モーメント M_{cr} 【配点5点】

$$M_{cr} = f_b \cdot I \cdot \frac{2}{h} = \frac{f_b \cdot b \cdot h^2}{6} = \frac{4 \times 350 \times 700^2}{6} = 114 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 114 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答： $1.1 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (114 kN·m)

(2) 曲げひび割れ発生後～鉄筋降伏までの鉄筋コンクリート断面 【配点5点】

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = d p n \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{n p}} \right) = 229 \text{ mm}$$

答： $2.3 \times 10^2 \text{ mm}$ (229mm)

(3) 使用状態における作用モーメントと鉄筋応力の関係 【配点5点】

中立軸の位置 z_n は (2) と同じ値を用いて、

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s \left(d - \frac{z_n}{3} \right)} = \frac{1.5 \times 114 \times 10^6}{2400 \times \left(650 - \frac{229}{3} \right)} = 124.2 \text{ N/mm}^2$$

答： $1.2 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$ (124 N/mm²)

(4) 鉄筋降伏時のモーメント 【配点5点】

中立軸の位置 z_n は (2) と同じ値を用いて、

$$M = A_s f_y \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = 2400 \times 400 \times \left(650 - \frac{229}{3} \right) = 551 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 5.5 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答： $5.5 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (551 kN·m)

(5) 鉄筋降伏時の断面の曲率 【配点5点】

中立軸の位置 z_n は (2) と同じ値を用いて、

$$\phi_y = \frac{\varepsilon_y}{d - z_n} = \frac{2000 \times 10^{-6}}{650 - 229} = 4.75 \times 10^{-6} \text{ mm}^{-1}$$

答： $4.8 \times 10^{-6} \text{ mm}^{-1}$ ($4.8 \times 10^{-3} \text{ m}^{-1}$)

(6) 曲げ耐力 【配点15点】

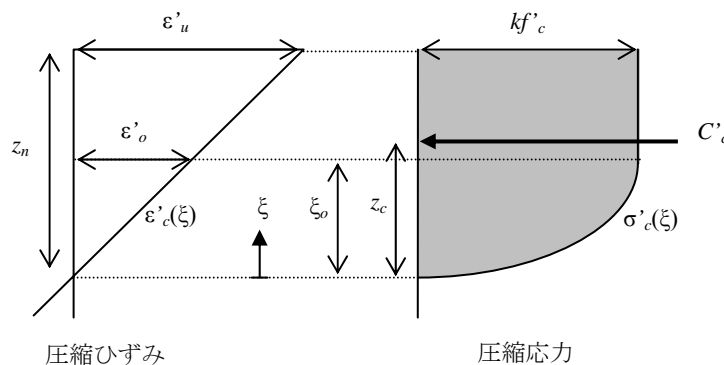
(6-1) 【配点5点】

下図を参照して、

$$C'_c = \int_A \sigma'_c(z) dA$$

$$= \int_0^{\xi_o} k f'_c \left\{ 2 \left(\frac{\varepsilon'_c(\xi)}{\varepsilon'_o} \right) - \left(\frac{\varepsilon'_c(\xi)}{\varepsilon'_o} \right)^2 \right\} b d \xi + \int_{\xi_o}^{z_n} k f'_c b d \xi \quad \left(\varepsilon'_c(\xi) = \varepsilon'_u \frac{\xi}{z_n}, \quad \xi_o = z_n \frac{\varepsilon'_o}{\varepsilon'_u} \right)$$

$$= \dots = k f'_c b z_n \left(1 - \frac{1}{3} \frac{\varepsilon'_o}{\varepsilon'_u} \right) = 0.688 f'_c b z_n$$



(6-2) 【配点5点】

$$0 = 0.688f'_c b z_n - A_s f_y \text{ より}$$

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.688f'_c b} = 132.9\text{mm}$$

答: $1.3 \times 10^2 \text{ mm}$ (133mm)

(注) (6-2) の問題文にある「終局時における中立軸からコンクリートの圧縮合力の作用中心までの距離 z'_c は $0.584z_n$ となる。」という文は本来 (6-3) の問題文にあるべきで (6-2) を解くのに不要。

(6-3) 【配点5点】

$$M_u = 0.688f'_c b z_n \cdot 0.584z_n + A_s f_y \cdot (d - z_n) = 571\text{kN} \cdot \text{m}$$

答: $5.7 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (571 kN·m)

(7) 曲げ耐力 【配点5点】

コンクリートの圧縮合力は $C'_c = 0.68 \cdot f'_c \cdot b \cdot z_n$ となる。中立軸の位置 z_n について解くと、

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.68f'_c b} = \frac{2400 \times 400}{0.68 \times 30 \times 350} = 134.5\text{mm}$$

$$M_u = A_s f_y (d - 0.4z_n) = 2400 \times 400 \times (650 - 0.4 \times 134.5) = 572 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 5.7 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答: $5.7 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (572 kN·m)

(8) 鉄筋比を2倍に変更した場合の曲げ耐力 【配点5点】

曲げ引張破壊を仮定して終局時の中立軸の位置を求めると

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.68f'_c b} = \frac{2 \times 2400 \times 400}{0.68 \times 30 \times 350} = 269\text{mm}$$

このとき、鉄筋のひずみは

$$\varepsilon_s = \frac{d - z_n}{z_n} \varepsilon'_u = 4957 \times 10^{-6} > \varepsilon_y$$

となり確かに降伏しており曲げ引張破壊である。

$$M_u = A_s f_y (d - 0.4z_n) = 2 \times 2400 \times 400 \times (650 - 0.4 \times 269) = 1041 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 1.0 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答: $1.0 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (1041 kN·m)