

2006年11月17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10点】

曲げひび割れ発生までの鉄筋コンクリートはりは，弾性はりとしてモデル化できるから，

$$M_{cr} = f_b \cdot I \cdot \frac{2}{h} = \frac{f_b \cdot b \cdot h^2}{6} = \frac{6 \times 100 \times 350^2}{6} = 12.3 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 1.2 \times 10 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答：1.2 × 10kN・m (12kN・m)

(2) 鉄筋降伏モーメント M_y 【配点10点】

曲げひび割れ発生後～鉄筋降伏までの鉄筋コンクリートを表現する際の一般的な仮定を方程式で表し，これらを連立し，中立軸の位置 z_n について解くと，

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = d p n \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{n p}} \right) = 300 \times 0.015 \times 7 \times \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{7 \times 0.015}} \right) \\ = 31.5 \times (-1 + \sqrt{20.05}) = 31.5 \times (-1 + 4.48) = 109.5 \text{ mm}$$

鉄筋応力 σ_s が降伏強度 f_y に達するときのモーメントを求めると，

$$M = A_s \sigma_s \cdot \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = 450 \times 400 \times \left(300 - \frac{109.5}{3} \right) = 47.4 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 4.7 \times 10 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答：4.7 × 10kN・m (47kN・m)

(3) 使用状態における鉄筋応力【配点10点】

中立軸の位置 z_n は(2)の結果を用いて，

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s (d - z_n/3)} = \frac{20 \times 10^6}{450 \times (300 - 109.5/3)} = 169 \text{ N/mm}^2 = 1.7 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$$

答：1.7 × 10²N/mm² (170 N/mm²)

(4) 曲げ耐力 M_u 【配点10点】

コンクリートの圧縮合力は $C'_c = 0.72 \cdot f'_c \cdot b \cdot z_n$ (0.68ではない!)となることに留意する．

中立軸の位置 z_n について解くと，

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.72 f'_c b} = \frac{450 \times 400}{0.72 \times 40 \times 100} = 62.5 \text{ mm}$$

$$M_u = A_s f_y (d - 0.4 z_n) = 450 \times 400 \times (300 - 0.4 \times 62.5) = 4.95 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm} = 5.0 \times 10 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答：5.0 × 10kN・m (50kN・m)

(5) 【配点10点】

鉄筋の断面積 A_s を2倍(900mm²)にしても，破壊モードは曲げ引張破壊であると仮定する．

中立軸の位置 z_n について解くと，

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.72 f'_c b} = \frac{900 \times 400}{0.72 \times 40 \times 100} = 125 \text{ mm}$$

このとき終局時の鉄筋ひずみは，

$$\varepsilon_s = \varepsilon'_u \frac{d - z_n}{z_n} = 4900 \times 10^{-6} > 1900 \times 10^{-6} \left(= \frac{f_y}{E_s} \right)$$

であるので，たしかに降伏しており，破壊モードを曲げ引張破壊とした仮定は正しい．曲げ耐力は，

$$M_u = A_s f_y (d - 0.4 z_n) = 900 \times 400 \times (300 - 0.4 \times 125) = 9.0 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm} = 9.0 \times 10 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答：破壊モードは曲げ引張破壊，曲げ耐力は9.0 × 10kN・m (90kN・m)