

2014年10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) 鉄筋比 【配点5点】

$$p = \frac{A_s}{bd} = \frac{2100}{300 \times 450} = 0.0155$$

答：0.016 (1.6%)

(2) 曲げひび割れ発生モーメント  $M_{cr}$  【配点5点】

$$M_{cr} = f_b \cdot I \cdot \frac{2}{h} = \frac{f_b \cdot b \cdot h^2}{6} = \frac{4 \times 300 \times 500^2}{6} = 5.0 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm} = 50 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答：5.0 × 10 kN・m (50 kN・m)

(3) 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】

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left( -1 + \sqrt{1 + 2 \frac{bd E_c}{A_s E_s}} \right) = dpn \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2}{np}} \right) = 98.6 \text{ mm} = 1.75 \times 10^2 \text{ mm}$$

答：1.8 × 10<sup>2</sup> mm (175mm)

(4) 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、

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s \left( d - \frac{z_n}{3} \right)} = \frac{2 \times 5 \times 10^7}{2100 \times \left( 450 - \frac{175}{3} \right)} = 121.6 \text{ N/mm}^2$$

答：1.2 × 10<sup>2</sup> N/mm<sup>2</sup> (122 N/mm<sup>2</sup>)

(5) 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、

$$M = A_s f_y \left( d - \frac{z_n}{3} \right) = 2100 \times 400 \times \left( 450 - \frac{175}{3} \right) = 329 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 3.3 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答：3.3 × 10<sup>2</sup> kN・m (329 kN・m)

(6) 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、

$$\phi_y = \frac{\varepsilon_y}{d - z_n} = \frac{2000 \times 10^{-6}}{450 - 175} = 7.27 \times 10^{-6} \text{ mm}^{-1}$$

答：7.3 × 10<sup>-6</sup> mm<sup>-1</sup> (7.3 × 10<sup>-3</sup> m<sup>-1</sup>)

(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、

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.68 f'_c b} = \frac{2100 \times 400}{0.68 \times 30 \times 300} = 137.3 \text{ mm}$$

$$M_u = A_s f_y (d - 0.4 z_n) = 2100 \times 400 \times (450 - 0.4 \times 137.3) = 332 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 3.3 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答：3.3 × 10<sup>2</sup> kN・m (332 kN・m)

(8) 破壊時の断面の曲率 【配点5点】

$$\phi_u = \frac{\varepsilon'_u}{z_n} = \frac{3500 \times 10^{-6}}{137.3} = 25.5 \times 10^{-6} \text{ mm}^{-1}$$

答：2.6 × 10<sup>-5</sup> mm<sup>-1</sup> (2.6 × 10<sup>-2</sup> m<sup>-1</sup>)

(9) 応力ひずみ関係を変更した場合の曲げ耐力 【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、

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.68 f'_c b} = \frac{2100 \times 400}{0.68 \times 30 \times 300} = 137.3 \text{ mm}$$

圧縮合力の作用位置が上縁から  $0.85/2 * z_n = 0.425 z_n$  であることに注意して、

$$M_u = A_s f_y (d - 0.425 z_n) = 2100 \times 400 \times (450 - 0.425 \times 137.3) = 329 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 3.3 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

**答：  $3.3 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$  (329 kN·m)**

(10) 各種条件を関係を変更した場合の曲げ耐力【配点5点】

題意の応力-ひずみ関係を用いた場合の曲げ耐力（ただし破壊モードが曲げ引張破壊）は以下で表される。

$$M_u = A_s f_y \left( d - 0.4 \frac{A_s f_y}{0.68 f'_c b} \right)$$

①  $f'_c = 60 \text{ N/mm}^2$  とすると、 $M_u = 355 \text{ kN} \cdot \text{m}$

②  $b = 600 \text{ mm}$  とすると、 $M_u = 355 \text{ kN} \cdot \text{m}$

③  $A_s = 4200 \text{ mm}^2$  とすると、破壊モードが変わる可能性があるため、まず破壊モードの検討を行う。曲げ引張破壊を仮定すると、中立軸の位置は  $z_n = 274.6 \text{ mm}$ 、終局時の鉄筋のひずみは、

$$\varepsilon_s = \frac{d - z_n}{z_n} \varepsilon'_u = \frac{450 - 274.6}{274.6} \times 3500 \times 10^{-6} = 2236 \times 10^{-6} > \varepsilon_y \text{ なので降伏している。よって、破壊モードが曲げ引張破壊とする仮定は正しい。よって曲げ耐力を求めると、} M_u = 571 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

④  $d = 900 \text{ mm}$  とすると、 $M_u = 710 \text{ kN} \cdot \text{m}$

よって曲げ耐力の大きな順から並べると、④ > ③ > ① = ②

**答： ④ > ③ > ① = ②**