

2007年10月26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】

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、

$$M_{cr} = f_b \cdot I \cdot \frac{2}{h} = \frac{f_b \cdot b \cdot h^2}{6} = \frac{8 \times 200 \times 350^2}{6} = 32.6 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 3.3 \times 10 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答：3.3 × 10 kN・m (33 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（講義ノート参照）、これらを連立すると、中立軸の位置 z_n に関する2次式が得られる．

$$z_n^2 + 2 \frac{A_s E_s}{b E_c} z_n - 2 \frac{A_s E_s}{b E_c} d = 0 \quad \text{これを } z_n \text{ について解き負根を捨てると、}$$

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = d p n \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{n p}} \right) \text{ が得られる。}$$

証明せよという問題なので、仮定を表す方程式を列挙する段階から示さなければならない。

(3) 使用状態【配点5点】

鉄筋ひずみ ε_s が 1000×10^{-6} に達するときのモーメントを求めると、

$$M = A_s \sigma_s \cdot \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = A_s E_s \varepsilon_s \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = 900 \times 2 \times 10^5 \times 1000 \times 10^{-6} \times \left(300 - \frac{107.5}{3} \right) \\ = 47.55 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 4.8 \times 10 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答：4.8 × 10 kN・m (48 kN・m)

(4) 使用状態における鉄筋応力【配点5点】

中立軸の位置 z_n は(3)と同じ値を用いて、

$$M = A_s \sigma_s \cdot \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = A_s f_y \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = 900 \times 400 \times \left(300 - \frac{107.5}{3} \right) \\ = 95.1 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm} = 9.5 \times 10 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答：9.5 × 10 kN・m (95 kN・m)

(5) 曲げ耐力 M_u 【配点10点】

コンクリートの圧縮合力は $C'_c = 0.8 \cdot f'_c \cdot b \cdot z_n$ 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、

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.8 f'_c b} = \frac{900 \times 400}{0.8 \times 50 \times 200} = 45 \text{ mm}$$

$$M_u = A_s f_y (d - 0.4 z_n) = 900 \times 400 \times (300 - 0.4 \times 45) = 1.02 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm} = 1.0 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答：1.0 × 10² kN・m (102 kN・m)

(6) 破壊時の曲率【配点5点】

$$\phi_u = \frac{\varepsilon'_u}{z_n} = \frac{3500 \times 10^{-6}}{45} = 7.78 \times 10^{-5} \text{ mm}^{-1} = 7.8 \times 10^{-2} \text{ m}^{-1}$$

答：7.8 × 10⁻⁵ mm⁻¹ (7.8 × 10⁻² m⁻¹)

(7) 【配点10点】

載荷点が支間中央にあるときに中央断面において曲げモーメントが最大になる．集中荷重を $P(N)$ とすると、中央断面におけるモーメント M は、 $\frac{P}{2} \times 5000 = M$ である． $M = M_u$ となるのは、

$$P = \frac{1.02 \times 10^8 \times 2}{5000} = 40608 \text{ N} \text{ のとき、すなわち車の質量 } m(\text{kg}) \text{ が、} m = \frac{40608 \text{ [N]}}{9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}} = 4.14 \times 10^3 \text{ kg} \text{ のと}$$

きである .

答 : $4.1 \times 10^3 \text{kg}$ (4100kg)

【コメント】「車が通ることができる」を「鉄筋が降伏しない」と考えた場合 ,

$$P = \frac{9.51 \times 10^7 \times 2}{5000} = 38040 \text{ N}, \quad m = \frac{38040}{9.8} = 3.88 \times 10^3 \text{ kg}$$

答 : $3.9 \times 10^3 \text{kg}$ (3900kg)

(または安全側に数値を丸めて $3.8 \times 10^3 \text{kg}$ (3800kg))