

2012 年度版「コンクリート構造の力学」試験問題の解答

- 有効数字は通常 2 桁か 3 桁である。答えを 3 桁で求めるためには、途中の計算は 4 桁以上で行わなければならない。

問題 1 : RC はりの曲げ【50 点】

(1) 鉄筋の鉄筋比

$$p = \frac{A_s}{bd} = \dots = 0.018$$

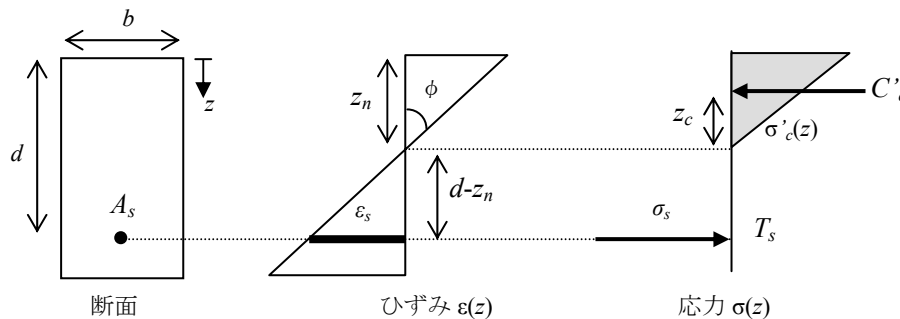
1.8%**答** (配点 5 点)

(2) 曲げひび割れ発生モーメント

$$M_{cr} = \frac{f_b I}{h/2} = \dots = 50.63 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

50.6kN・m**答** (配点 5 点)

(3) 曲げひび割れ発生後～鉄筋降伏前の、断面のひずみ、応力の状態は以下のように表す。



中立軸の位置  $z_n$  は

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left( -1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = p d n \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2}{n p}} \right) = \dots = 156.6 \text{ mm}$$

この状態で作用曲げモーメントが (2) で求めた  $M_{cr}$  であるときの鉄筋応力は

$$\sigma_s = \frac{M_{cr}}{A_s (d - z_n/3)} = \dots = 80.88 \text{ N/mm}^2$$

80.8N/mm<sup>2</sup>**答** (配点 5 点)

(4) 鉄筋のひずみが与えられた時のモーメント

$$M = A_s E_s \varepsilon_s \left( d - \frac{z_n}{3} \right) = 65.7 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

65.7kN・m**答** (配点 5 点)

(5) 曲げひび割れ幅照査

鉄筋応力

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s (d - z_n/3)} = \dots = 159.7 \text{ N/mm}^2$$

曲げひび割れ幅

$$w = 1.1 k_1 k_2 k_3 \{ 4c + 0.7(c_s - \phi) \} \left( \frac{\sigma_s}{E_s} + \varepsilon'_{csd} \right)$$

$$= 1.1 \times 1.0 \times \left( \frac{15}{40 + 20} + 0.7 \right) \times 1.0 \times 250 \times \left( \frac{150}{2.1 \times 10^5} + 150 \times 10^{-6} \right) = 0.20 \text{ mm}$$

ひび割れ幅の限界値

$$w_a = 0.005c = 0.215 \text{ mm}$$

よって、 $w < w_a$  なので ひび割れ幅の限界値を満足する。**答** (配点 5 点)

(6) 鉄筋降伏モーメント

$$M_y = A_s f_y \cdot \left( d - \frac{z_n}{3} \right) = 250.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

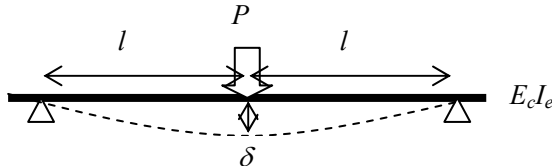
250kN・m **答** (配点 5 点)

(7) 鉄筋コンクリート断面の等価剛性と単純はりのたわみ

曲げひび割れ発生後～鉄筋降伏前の鉄筋コンクリートはりは、弾性係数が  $E_c$  (コンクリートの弾性係数)、断面 2 次モーメントが以下の  $I_e$  の弾性はりとなすことができる。

$$I_e \equiv \frac{1}{3} b z_n^3 + A_s \frac{E_s}{E_c} (d - z_n)^2$$

下記の梁中央に集中荷重を受ける単純梁のたわみは、



$$\delta = \frac{1}{3} \frac{P}{2 E_c I_e} l^3 = \frac{1}{3} \frac{M_y}{E_c I_e} l^2 = 10.43 \text{ mm}$$

10.4mm **答** (配点 5 点)

(8) 曲げ耐力 (応力-ひずみ関係が (i))

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.688 f'_c b} = \dots = 93.02 \text{ mm}$$

$$M_u = 0.688 f'_c b z_n \cdot 0.584 z_n + A_s f_y \cdot (d - z_n) = \dots = 260.1 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

260kN・m **答** (配点 5 点)

(9) 曲げ耐力 (応力-ひずみ関係が (ii))

コンクリートの応力ひずみ関係が (ii) であることを考慮して、中立軸の位置  $z_n$  は

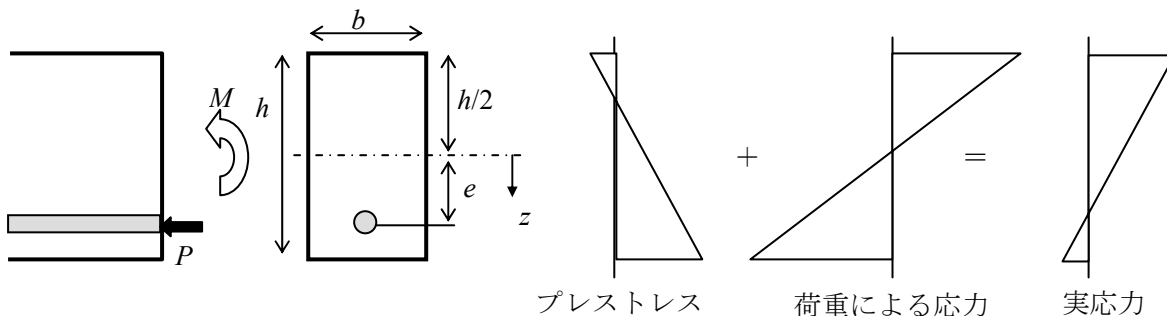
$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.68 f'_c b} = 94.12 \text{ mm}$$

曲げ耐力は、

$$M_u = A_s f_y (d - 0.4 z_n) = 260.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

261kN・m **答** (配点 5 点)

(10) プレストレストコンクリートの曲げひび割れ発生モーメント



曲げひび割れ発生時

$$\sigma' \left( \frac{h}{2} \right) = \left( \frac{P}{bh} + \frac{Pe}{I} \frac{h}{2} \right) - \frac{M}{I} \frac{h}{2} = -f_b$$

このときの  $M$  が (2) で求めた  $M_{cr}$  の 2 倍とすると、

$$P = \frac{\frac{2M_{cr}}{I} h - f_b}{\frac{1}{bh} + \frac{eh}{2I}} = 202.5kN$$

203kN **答** (配点 5 点)

問題 2 : RC はりの曲げ耐力とせん断耐力 【20 点】

解答例

$A_s=1000\text{mm}^2$  とする. ( $A_s < 1150\text{mm}^2$  でないと ③ を満たさない)

① 最大作用曲げモーメント (はり中央) :  $M = \frac{Pa}{2} = 50kN \cdot m$

$$\text{曲げ耐力} : M_u = pbd^2 f_y \left( 1 - 0.6p \frac{f_y}{f'_c} \right) = 144kN \cdot m$$

$M_u > M$  であるので曲げ破壊しない. (配点 5 点)

② 作用せん断力 :  $V = \frac{P}{2} = 50kN$

$$\text{コンクリートが受け持つせん断耐力} : V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} bd = 67.2kN$$

$$\text{せん断補強鉄筋が受け持つせん断耐力} : V_s = A_w f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) \frac{z}{s} = 261kN$$

$$\text{せん断耐力} : V_u = V_c + V_s = 328kN$$

$V_u > V$  であるのでせん断破壊しない. (配点 5 点)

③ 破壊モードが曲げ破壊と仮定した場合の終局荷重 :  $P_{mu} = 2 \frac{M_u}{a} = 288kN$

$$\text{破壊モードがせん断破壊と仮定した場合の終局荷重} : P_{vu} = 2V_u = 656kN$$

せん断余裕度 :  $\frac{P_{vu}}{P_{mu}} = 2.23$  であるので, せん断耐力は曲げ耐力の 2 倍以上ある. (配点 5 点)

④ 鉄筋比 :  $p = \frac{A_s}{bd} = 0.0125$

$$\text{つりあい鉄筋比} : p_b = 0.44 \frac{f'_c}{f_y} = 0.033$$

$p < p_b$  であるので曲げ破壊モードは曲げ引張破壊となる. (配点 5 点)

問題 3 : 記述問題 【15 点】 (各 3 点) 部分点あり

- (1) 正負交番載荷試験
- (2) 鉄筋の定着 (付着ではない)
- (3) Tension-Stiffening 効果
- (4) 有効プレストレス
- (5) 等価応力ブロック

問題 4 : 正誤問題 【15 点】 (各 3 点)

- (1) ×
- (2) ○
- (3) ×
- (4) ○
- (5) ○