

2009年版「コンクリート構造の力学」試験問題の解答

問題1：RCはりの曲げ【30点】

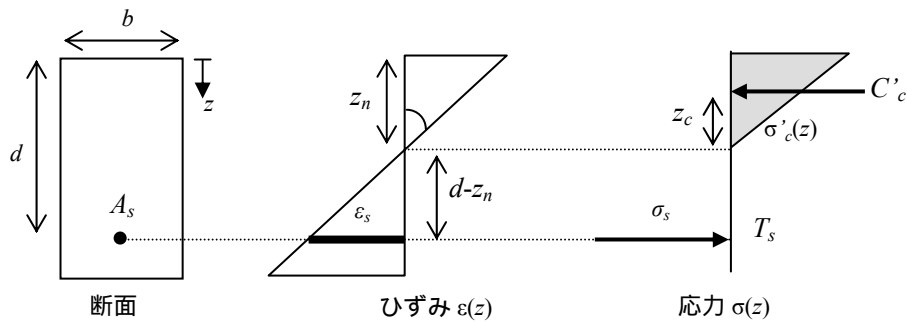
(1) 曲げひび割れ発生モーメント

$$M_{cr} = \frac{f_b I}{h/2} = \dots = 33 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$3.3 \times 10 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 答 (配点5点)

(2) 曲げひび割れ発生直後の鉄筋応力

曲げひび割れ発生後～鉄筋降伏前の状態を仮定し、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

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = p d n \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{np}} \right) = \dots = 123.4 \text{ mm}$$

曲げモーメントが(1)で求めた M_{cr} であるときの鉄筋応力

$$\sigma_s = \frac{M_{cr}}{A_s (d - z_n / 3)} = \dots = 102 \text{ N/mm}^2$$

$1.0 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$ 答 (配点5点)

(3) 鉄筋応力が 200 N/mm^2 のときの曲げひび割れ幅

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

$$= 1.1 \times 1.0 \times \left(\frac{15}{30 + 20} + 0.7 \right) \times 1.0 \times 200 \times \left(\frac{200}{2.0 \times 10^5} + 150 \times 10^{-6} \right) = 0.253$$

$2.5 \times 10^{-1} \text{ mm}$ 答 (配点5点)

(4) 鉄筋降伏モーメント

$$M_y = C'_c \cdot z_c + T_s \cdot (d - z_n) = T_s \cdot (d - z_n + z_c) = A_s f_y \cdot \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = 130 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$1.3 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 答 (配点5点)

(5) 曲げ耐力

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

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.68 f'_c b} = 82.4 \text{ mm}$$

曲げ耐力は、

$$M_u = A_s f_y (d - 0.4 z_n) = 133 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$1.3 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 答 (配点5点)

(6) コンクリート強度を2倍にしたときの破壊モードの検討

まず、破壊モードが曲げ引張破壊と仮定すると、終局時における中立軸の位置 z_n は

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.68 f'_c b} = \dots = 41.2 \text{ mm}$$

終局時における鉄筋のひずみは、

$$\varepsilon_s = \frac{d - z_n}{z_n} \varepsilon'_u = 26000 \times 10^{-6} \text{ となり、降伏 } (\varepsilon_s > \varepsilon_y) \text{ している。よって破壊モードは曲げ引張破壊}$$

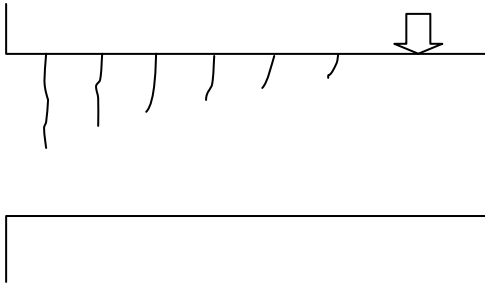
のままであり、曲げ耐力は、

$$M_u = A_s f_y (d - 0.4 z_n) = 140 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

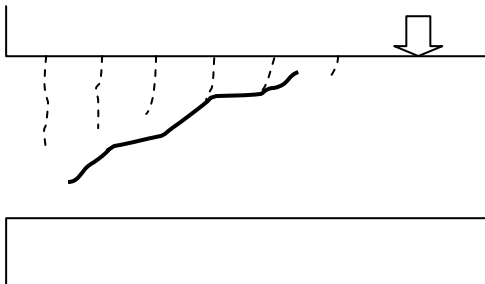
破壊モードは曲げ引張破壊、曲げ耐力は $1.4 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 答 (配点 5 点)

問題 2 : RC 片持ち梁の曲げ降伏荷重とせん断耐力 【35 点】

(1) 曲げひび割れの図 (配点 5 点)



(2) せん断ひび割れの図 (配点 5 点)



(3) 曲げ降伏荷重

圧縮縁 (下縁) から中立軸までの距離 z_n は、

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = p d n \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{n p}} \right) = \dots = 88.9 \text{ mm}$$

鉄筋降伏モーメントは、

$$M_y = C'_c \cdot z_c + T_s \cdot (d - z_n) = T_s \cdot (d - z_n + z_c) = A_s f_y \cdot \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = 54.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

降伏は曲げモーメントが最大である左端で生じるから、降伏荷重は、

$$P_y = \frac{M_y}{a} = 36.3 \text{ kN}$$

$3.6 \times 10 \text{ kN}$ 答 (配点 5 点)

(4) せん断ひび割れ発生荷重

コンクリートが受け持つせん断耐力 (= せん断ひび割れ発生時のせん断力):

$$V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} b d = 1.5 \times 1.4 \times 1.0 \times 0.683 \times 150 \times 200 = 43.0 \text{ kN}$$

$4.3 \times 10 \text{ kN}$ 答 (配点 5 点)

(5) せん断耐力

コンクリートが受け持つせん断耐力:

$$V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} b d = 43.0 \text{ kN}$$

せん断補強鉄筋が受け持つせん断耐力：

$$V_s = A_w f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) \frac{z}{s} = 200 \times 400 \times (1 + 0) \frac{200/1.15}{100} = 139 \text{ kN}$$

$$\text{せん断耐力} : V_u = V_c + V_s = 182 \text{ kN}$$

$1.8 \times 10^2 \text{ kN}$ 答 (配点 5 点)

(6) 破壊モードの判定

「曲げ降伏荷重」 < 「せん断ひび割れ発生荷重」であるので、曲げ降伏が最初にかかる。

最終的に圧縮部(下縁)コンクリートが圧縮破壊する曲げ引張破壊モードであると仮定して、曲げ引張破壊荷重を問題 1 (c) () のコンクリートの応力 - ひずみ関係を用いて計算すると、

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.68 f'_c b} = \dots = 78.4 \text{ mm}$$

$$M_u = A_s f_y (d - 0.4 z_n) = 54 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

破壊は曲げモーメントが最大である左端で生じるから、降伏荷重は、

$$P_{mu} = \frac{M_{mu}}{a} = 36.0 \text{ kN}$$

このとき鉄筋のひずみは $\varepsilon_s = \frac{d - z_n}{z_n} \varepsilon'_u = 5400 \times 10^{-6}$ となり、たしかに降伏 ($\varepsilon_s > \varepsilon_y$) している。

よって「曲げ引張破壊荷重」 < 「せん断ひび割れ発生荷重」 < 「せん断耐力」であるので、曲げ降伏後、せん断ひび割れが発生することなく、最終的に左端圧縮部(下縁)コンクリートが圧縮破壊する曲げ引張破壊モードとなる。

(配点 10 点)

問題 3 : 記述問題 【15 点】(各 3 点)

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

問題 4 : 正誤問題 【20 点】(各 2 点)

- (1)
- (2) ×
- (3)
- (4)
- (5) ×
- (6)
- (7) ×
- (8) ×
- (9) ×
- (10)