

2010年版「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【35点】

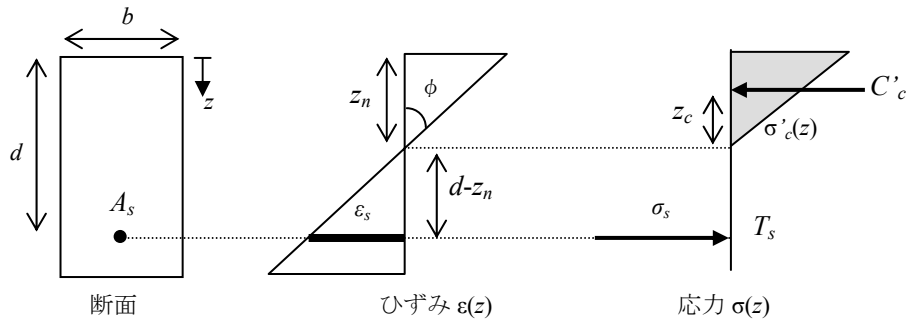
(1) 曲げひび割れ発生モーメント

$$M_{cr} = \frac{f_b I}{h/2} = \dots = 24.5 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

24.5kN・m²答 (配点5点)

(2) 曲げひび割れ発生直後に鉄筋が引張力を受け持つかどうかの確認

本問題のはりが曲げひび割れ発生直後に鉄筋が降伏しないと仮定する。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

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = p d n \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{n p}} \right) = \dots = 117.5 \text{ mm}$$

この状態で作用曲げモーメントが(1)で求めた M_{cr} であるときの鉄筋応力は

$$\sigma_s = \frac{M_{cr}}{A_s (d - z_n / 3)} = \dots = 104.4 \text{ N/mm}^2$$

となりたしかに降伏していない。よって、本問題のはりは曲げひび割れ発生直後に鉄筋が降伏することなく引張力を受け持つとした仮定は正しい。(配点5点)

【別解】

以下を確認してもよい。

- 鉄筋降伏モーメントが曲げひび割れ発生モーメントよりも大きい
- 曲げひび割れ発生直後に鉄筋が降伏する鉄筋比を求めて、それが1.5%以下である

(3) 作用曲げモーメントが与えられたときの鉄筋応力

(2)と同じ曲げひび割れ発生後～鉄筋降伏前の状態を仮定する。作用曲げモーメントが(1)で求めた M_{cr} の3倍であるときの鉄筋応力は

$$\sigma_s = \frac{3 M_{cr}}{A_s (d - z_n / 3)} = \dots = 313 \text{ N/mm}^2$$

これは f_y 以下であり、降伏していないので、曲げひび割れ発生後～鉄筋降伏前の状態にあるとした仮定は正しい。

313N/mm²答 (配点5点)

(4) (3)のときの曲げひび割れ幅

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

$$= 1.1 \times 1.0 \times \left(\frac{15}{40 + 20} + 0.7 \right) \times 1.0 \times 200 \times \left(\frac{313}{2.1 \times 10^5} + 150 \times 10^{-6} \right) = 0.34$$

0.34mm **答** (配点 5 点)

(4) 鉄筋降伏モーメント

$$M_y = C'_c \cdot z_c + T_s \cdot (d - z_n) = T_s \cdot (d - z_n + z_c) = A_s f_y \cdot \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = 98.59 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

98.6kN·m **答** (配点 5 点)

(6) 曲げ耐力 (応力-ひずみ関係が (i)) ((6) 全体の配点 5 点)

(6-1) 省略. 定積分の計算を実行する. (配点 1 点)

(6-2) 省略. 定積分の計算を実行する. (配点 1 点)

$$(6-3) z_n = \frac{A_s f_y}{0.688 f'_c b} = \dots = 68.7 \text{ mm}$$

68.7mm **答** (配点 1 点)

$$(6-4) M_u = 0.688 f'_c b z_n \cdot 0.584 z_n + A_s f_y \cdot (d - z_n) = \dots = 102.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

103kN·m **答** (配点 2 点)

(7) 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

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.68 f'_c b} = 69.4 \text{ mm}$$

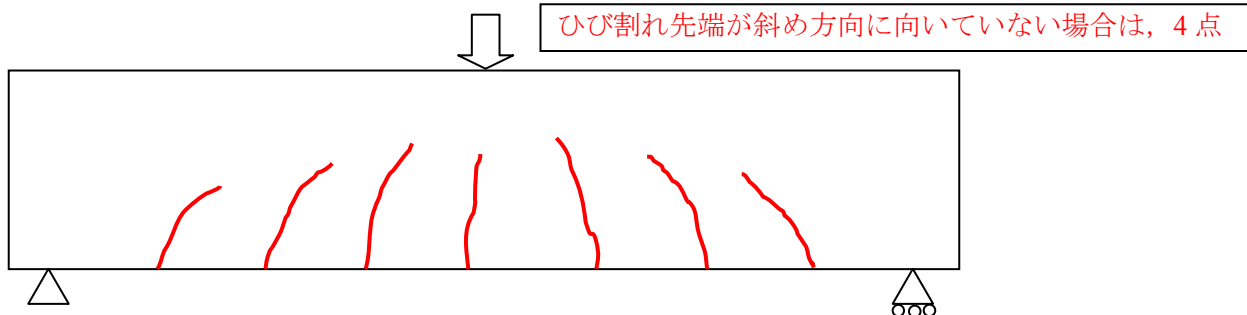
曲げ耐力は,

$$M_u = A_s f_y (d - 0.4 z_n) = 102.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

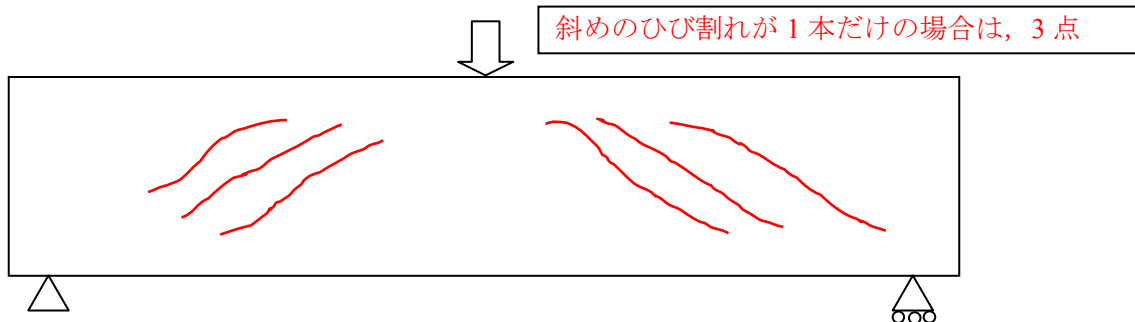
103kN·m **答** (配点 5 点)

問題 2 : RC 単純梁の曲げ降伏荷重とせん断耐力 【30 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,

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = p d n \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{n p}} \right) = \dots = 655.8 \text{ mm}$$

鉄筋降伏モーメントは、

$$M_y = C'_c \cdot z_c + T_s \cdot (d - z_n) = T_s \cdot (d - z_n + z_c) = A_s f_y \cdot \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = 2.85 \times 10^{10} \text{ N} \cdot \text{mm} = 28,500 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

降伏は曲げモーメントが最大である中央で生じるから、降伏荷重は、

$$P_y = 2 \times \frac{M_y}{a} = 9.50 \times 10^6 \text{ N} = 9,500 \text{ kN}$$

$9.50 \times 10^3 \text{ kN}$ **答** (配点 5 点)

($4.75 \times 10^6 \text{ N}$ (4750kN)は△とする. 3 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) :

$$V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} b d = 0.841 \times 1.000 \times 1.0 \times 0.621 \times 2000 \times 2000 = 2.09 \times 10^6 \text{ N} = 2,090 \text{ kN}$$

$$P_{ve} = 2 \times V_c = 4.18 \times 10^6 \text{ N} (4180 \text{ kN})$$

$4.18 \times 10^3 \text{ kN}$ **答** (配点 5 点)

($2.09 \times 10^6 \text{ N}$ (2090kN)は△とする. 3 点)

(5) せん断耐力

コンクリートが受け持つせん断耐力 :

$$V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} b d = 0.841 \times 1.000 \times 1.0 \times 0.621 \times 2000 \times 2000 = 2.09 \times 10^6 \text{ N} = 2,090 \text{ kN}$$

せん断補強鉄筋が受け持つせん断耐力 :

$$V_s = A_w f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) \frac{z}{s} = 400 \times 400 \times (1 + 0) \frac{2000/1.15}{200} = 1.39 \times 10^6 \text{ kN} = 1,390 \text{ kN}$$

$$\text{せん断耐力} : V_u = V_c + V_s = 3,480 \text{ kN}$$

$$P_{vu} = 2 \times (V_c + V_s) = 6.96 \times 10^6 \text{ N} = 6,960 \text{ kN}$$

$6.96 \times 10^3 \text{ kN}$ **答** (配点 5 点)

($3.48 \times 10^6 \text{ N}$ (3480kN)は△とする. 3 点)

(6) 破壊モードの判定

「せん断ひび割れ発生荷重」 < 「せん断破壊荷重」 < 「曲げ降伏荷重」であるので、曲げ降伏が生じる前に、せん断ひび割れが発生し、その後、せん断破壊に至る。

ゆえに、破壊モードは「せん断破壊」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) ポストテンション方式とプレテンション方式の違い

(2) かぶりコンクリートの役割

- 塩分等の腐食促進物質から鉄筋を保護する
- 付着により鉄筋とコンクリート間で力を伝達する
- 鉄筋の座屈を防止する

(3) 動的応答解析

(4) 構造物の性能を確保する方法として、仕様規定と性能規定 (性能照査型設計) の違い

(5) 乾燥収縮が曲げひび割れ幅に及ぼす影響

問題 4 : 正誤問題 【20 点】 (各 2 点)

(1) ○

(2) ×

(3) ○

- (4) ○
- (5) ○
- (6) ×
- (7) ○
- (8) ×
- (9) ○
- (10) ×