

「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【50点】

(1) 鉄筋比

$$p = \frac{A_s}{bd} = 0.011$$

1.1%答 (配点5点)

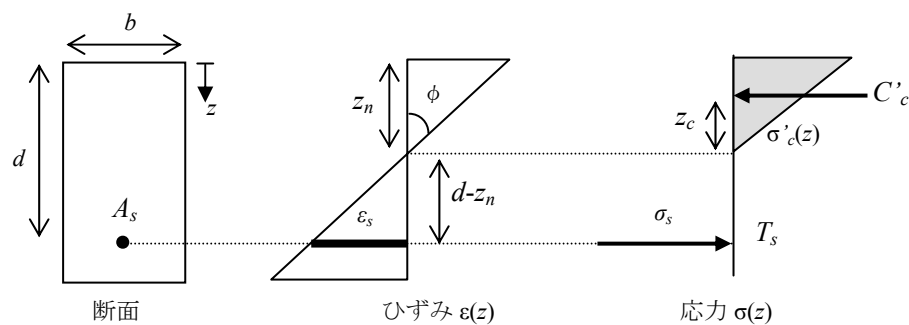
(2) 曲げひび割れ発生モーメント

$$M_{cr} = \frac{f_b I}{h/2} = 67.6 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

67.6kN・m答 (配点5点)

(3) モーメントが与えられた時の鉄筋の応力

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

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = p d n \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{n p}} \right) = \dots = 153.8 \text{ mm}$$

この状態で作用曲げモーメントが(1)で求めた M_{cr} の2.5倍であるときの鉄筋応力は

$$\sigma_s = \frac{2.5 M_{cr}}{A_s (d - z_n / 3)} = 282.6 \text{ N/mm}^2$$

283N/mm²答 (配点5点)

(4) 曲げひび割れ幅照査

曲げひび割れ幅

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

$$= 1.1 \times 1.0 \times \left(\frac{15}{35 + 20} + 0.7 \right) \times 1.0 \times 280 \times \left(\frac{282.6}{2.0 \times 10^5} + 150 \times 10^{-6} \right) = 0.468 \text{ mm}$$

ひび割れ幅の限界値

$$w_a = 0.005c = 0.3 \text{ mm}$$

よって、 $w > w_a$ なので ひび割れ幅の限界値を満足しない。答 (配点5点)

(5) 鉄筋降伏モーメント

$$M_y = A_s f_y \cdot \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = 209.3 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

209kN・m答 (配点5点)

(6) 曲げ耐力 (応力-ひずみ関係が (i))

$$(ア) \text{ より } C'_c = k f'_c b z_n \left(1 - \frac{1}{3} \frac{\varepsilon'_o}{\varepsilon'_u} \right) = 0.688 f'_c b z_n \text{ であるから}$$

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.688 f_c' b} = 72.6 \text{ mm}$$

$$(イ) \text{ より } z_c = z_n \frac{\frac{1}{2} - \frac{1}{12} \left(\frac{\epsilon_o'}{\epsilon_u'} \right)^2}{1 - \frac{1}{3} \frac{\epsilon_o'}{\epsilon_u'}} = 0.584 z_n$$

$$M_u = 0.688 f_c' b z_n \cdot 0.584 z_n + A_s f_y \cdot (d - z_n) = 220.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

220kN・m **答** (配点 5 点)

(7)

下図を参照して、積分計算を実際に行う。以下の解答では略記しているが置換積分の過程も丁寧に示し、定積分を求める計算の過程も示すこと。

(ア) (配点 5 点)

$$\begin{aligned} C_c' &= \int_A \sigma_c'(z) dA \\ &= \int_0^{\xi_o} k f_c' \left\{ 2 \left(\frac{\epsilon_c'(\xi)}{\epsilon_o'} \right) - \left(\frac{\epsilon_c'(\xi)}{\epsilon_o'} \right)^2 \right\} b d\xi + \int_{\xi_o}^{z_n} k f_c' b d\xi \quad \left(\epsilon_c'(\xi) = \epsilon_u' \frac{\xi}{z_n}, \quad \xi_o = z_n \frac{\epsilon_o'}{\epsilon_u'} \right) \\ &= \dots = k f_c' b z_n \left(1 - \frac{1}{3} \frac{\epsilon_o'}{\epsilon_u'} \right) = 0.688 f_c' b z_n \end{aligned}$$

(イ) (配点 5 点)

$$z_c = z_n - \frac{\int_A \sigma_c'(z) z dA}{\int_A \sigma_c'(z) dA} = \dots = \frac{k f_c' b z_n^2 \left\{ \frac{1}{2} - \frac{1}{12} \left(\frac{\epsilon_o'}{\epsilon_u'} \right)^2 \right\}}{k f_c' b z_n \left(1 - \frac{1}{3} \frac{\epsilon_o'}{\epsilon_u'} \right)} = 0.584 z_n$$

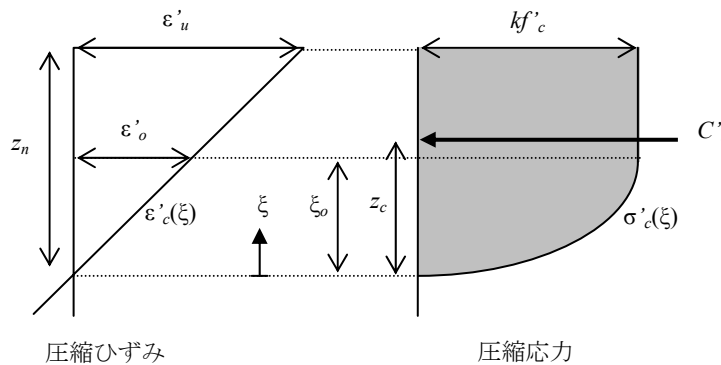


図 圧縮応力の分布の拡大図 (応力-ひずみ関係 (i) を用いた場合)

(8) 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

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.68 f_c' b} = 73.5 \text{ mm}$$

曲げ耐力は、

$$M_u = A_s f_y (d - 0.4 z_n) = 220.8 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

221kN・m **答** (配点 5 点)

(9) つり合い鉄筋比 (配点 5 点)

コンクリートの応力ひずみ関係に (ii) を用いて、鉄筋降伏とコンクリートの圧縮破壊が同時におこる条件より、

$$p_b = \frac{f'_c}{f_y} \frac{0.68}{1 + \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon'_u}} = 0.0453$$

4.5%以上 **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 【20 点】

A_s と s を具体的に設定し、以下を計算により確認する。

① 曲げ破壊モードの確認 (配点 5 点)

問題 1 の (9) と同じ方法でつり合い鉄筋比を求め、鉄筋比がつり合い鉄筋比よりも小さいことを確認する。

$$p_b = \frac{f'_c}{f_y} \frac{0.68}{1 + \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon'_u}} = 0.043 \quad (\text{鉄筋の降伏ひずみ } \varepsilon_y \text{ は与えられていないが、} 2000 \times 10^{-6} \text{ と仮定した})$$

$$p \left(= \frac{A_s}{bd} \right) < p_b$$

② せん断余裕度の確認

曲げ耐力は、

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

曲げ破壊は曲げモーメントが最大である支間中央で生じるから、曲げ破壊荷重は、

$$P_{mu} = 2 \frac{M_u}{a} \quad (\text{配点 5 点})$$

せん断耐力は、

コンクリートが受け持つせん断耐力：

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

せん断補強鉄筋が受け持つせん断耐力：

$$V_s = A_w f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) \frac{z}{s}$$

$$\text{せん断耐力 : } V_u = V_c + V_s$$

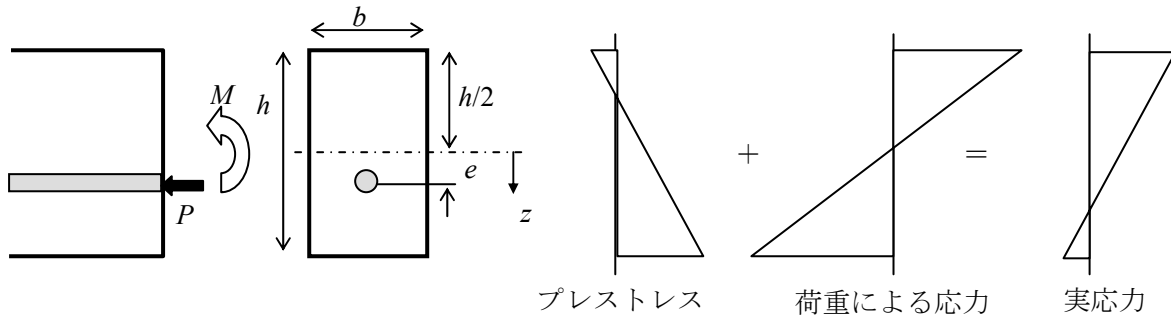
せん断破壊荷重は、

$$P_{vu} = 2V_u \quad (\text{配点 5 点})$$

せん断耐力が曲げ耐力の 2 倍以上あることの確認

$$P_{vu} > 2P_{mu} \quad (\text{配点 5 点})$$

問題3：プレストレストコンクリート【10点】



プレストレス (P) および荷重 (M) による曲げ応力を合わせた応力は、

$$\sigma'(z) = \left(\frac{P}{bh} + \frac{Pe}{I} z \right) - \frac{M}{I} z \quad (\text{圧縮を正とした})$$

(1) 下縁 ($z = -h/2$) において $\sigma'(z) > -f_b$ となるような P を求めればよい。

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

$$P > \frac{\frac{M}{I} \frac{h}{2} - f_b}{\frac{1}{bh} + \frac{e}{I} \frac{h}{2}} = 107.9 \text{ kN}$$

108kN **答** (配点 5 点)

(2) 下縁 ($z = -h/2$) において $\sigma'(z) > 0$ となるような P を求めればよい。

$$\sigma'\left(\frac{h}{2}\right) = \left(\frac{P}{bh} + \frac{Pe}{I} \frac{h}{2} \right) - \frac{M}{I} \frac{h}{2} > 0$$

$$P > \frac{\frac{M}{I} \frac{h}{2}}{\frac{1}{bh} + \frac{e}{I} \frac{h}{2}} = 300.0 \text{ kN}$$

300 kN **答** (配点 5 点)

問題4：正誤問題【10点】(各2点)

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

問題5：記述問題【10点】(各2点)

以下は略解

(1) 付着は摩擦や異形鉄筋のふしによって鉄筋全長にわたって鉄筋とコンクリートの間で力が伝達され、変形が一致すること、定着はコンクリートに埋め込まれた鉄筋の端部がコンクリートに固定されること

(2) 生じるひび割れ幅の大小のみで判定するとかぶりの小さい方が有利となるが、それは決して鋼材腐食に対して望ましいこととはいえない。ひび割れ幅の限界値をかぶりの関数とすることでかぶりの大きい方が有利と判定されることとなり、そちらに設計を誘導できる。

(3) シース内の緊張材の腐食を防ぐ、緊張材とコンクリートの付着を実現する。

(4) 脆性的な破壊形態であり危険である。構造物の崩壊を招くことがある。

(5) 丸山先生の講義資料を参照のこと