

2007年版「コンクリート構造の力学」追試験問題の解答

問題1：RC はりの曲げ【60点】

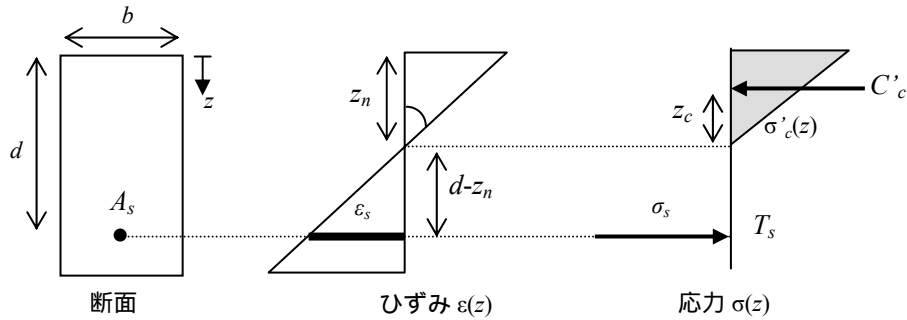
(1) 曲げひび割れ発生モーメント

$$M_{cr} = \frac{f_b I}{h/2} = \dots = 54 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

5.4 × 10 kN·m 答 (配点5点)

(2) 曲げひび割れ発生後の中立軸の位置

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

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left( -1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = p d n \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2}{n p}} \right) = \dots = 188 \text{ mm}$$

1.9 × 10<sup>2</sup> mm 答 (配点5点)

(3) 曲げひび割れ発生直後の鉄筋ひずみ

$$\varepsilon_s = \frac{M_{cr}}{A_s E_s (d - z_n / 3)} = \dots = 3.18 \times 10^{-4}$$

320 × 10<sup>-6</sup> 答 (配点5点)

(4) 曲げひび割れ幅

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

$$= 1.1 \times 1.0 \times \left( \frac{15}{60 + 20} + 0.7 \right) \times 1.0 \times 250 \times \left( \frac{200}{2.1 \times 10^5} + 150 \times 10^{-6} \right) = 0.27$$

0.27 mm 答 (配点10点)

(5) 鉄筋降伏モーメント

(2) と同じ断面の状態を仮定する。

$$M_y = C'_c \cdot z_c + T_s \cdot (d - z_n) = T_s \cdot (d - z_n + z_c) = A_s f_y \cdot \left( d - \frac{z_n}{3} \right) = 291 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

2.9 × 10<sup>2</sup> kN·m 答 (配点5点)

(6) 曲げ耐力

破壊モードを曲げ引張破壊と仮定する。

コンクリートの応力 - ひずみ関係が ( ) なので、中立軸の位置  $z_n$  は

$$z_n = \frac{A_s f_y}{\frac{1}{2} \times f'_c b} = 144 \text{ mm}$$

曲げ耐力は、

$$M_u = A_s f_y (d - z_n / 3) = 304 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

このとき鉄筋のひずみは

$$\varepsilon_s = \frac{d - z_n}{z_n} \varepsilon'_u = 3560 \times 10^{-6} > \varepsilon_y (= 1710 \times 10^{-6})$$

なので降伏している。したがって、破壊モードを曲げ引張破壊とした仮定は正しい。

(7) 曲げ耐力

破壊モードを曲げ引張破壊と仮定する。

コンクリートの応力 - ひずみ関係が ( ) なので、中立軸の位置  $z_n$  は

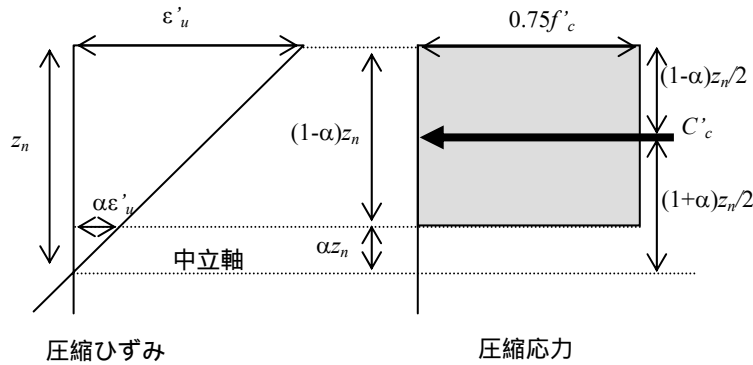
$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.75 f'_c b (1 - \alpha)}$$

曲げ耐力は、

$$M_u = A_s f_y \left( d - \frac{1 - \alpha}{2} z_n \right) = A_s f_y \left( d - \frac{A_s f_y}{1.5 \cdot f'_c b} \right)$$

これは  $\alpha$  の値に関わらず (6) で求めた曲げ耐力に等しい

(配点 10 点)



このとき鉄筋のひずみは

$$\varepsilon_s = \frac{d - z_n}{z_n} \varepsilon'_u = \left( \frac{0.75 f'_c b d (1 - \alpha)}{A_s f_y} - 1 \right) \varepsilon'_u$$

終局時に  $\varepsilon_s > \varepsilon_y$  であるためには  $< 0.55$  . よって  $0 < \alpha < 0.5$  であれば曲げ引張破壊である .

(8) 主鉄筋量を 3 倍に増やしたときの破壊モードの検討

曲げひび割れ発生後の中立軸の位置  $z_n$  は

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left( -1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = p d n \left( -1 + \sqrt{1 + \frac{2}{n p}} \right) = \dots = 263 \text{mm}$$

鉄筋が降伏すると仮定したときのコンクリートの上縁のひずみは、

$$\varepsilon'_c = \frac{z_n}{d - z_n} \varepsilon_y = \dots = 3290 \times 10^{-6} > \varepsilon'_u (= 2000 \times 10^{-6})$$

となりすでに圧縮破壊ひずみを超えている。したがって、破壊モードは曲げ圧縮破壊となる。

(配点 10 点)

問題 2 : RC はりの曲げ耐力とせん断耐力 【20 点】

$$\text{曲げ耐力 : } M_u = p b d^2 f_y \left( 1 - 0.6 p \frac{f_y}{f'_c} \right) = 272 \text{kN}\cdot\text{m}$$

$$\text{コンクリートが受け持つせん断耐力 : } V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} b d = 93.2 \text{kN}$$

せん断補強鉄筋が受け持つせん断耐力： $V_s = A_w f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) \frac{z}{s} = 2.46 A_w \text{ kN}$

せん断耐力： $V_u = V_c + V_s = 93.2 + 2.46 A_w \text{ kN}$

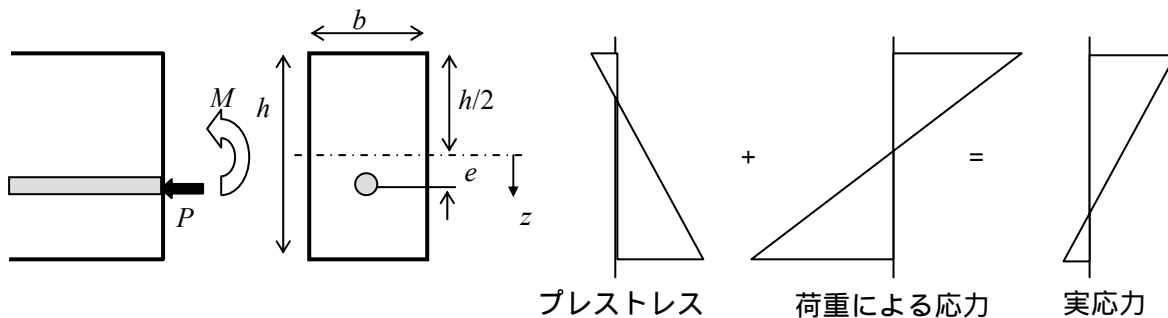
破壊モードが曲げ破壊と仮定した場合の終局荷重： $P_{mu} = 2 \frac{M_u}{a} = 544 \text{ kN}$

破壊モードがせん断破壊と仮定した場合の終局荷重： $P_{vu} = 2V_u = 186.4 + 4.92 A_w \text{ kN}$

せん断余裕度： $\frac{P_{vu}}{P_{mu}} > 2$  となるためには、 $A_w > 183 \text{ mm}^2$

よってせん断補強鉄筋径は、 $2\pi \left(\frac{\phi}{2}\right)^2 > 183$ 、 $\phi > 10.8 \text{ mm}$  **答** (配点 20 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)  $M=0$  のとき上縁 ( $z=-h/2$ ) において  $\sigma' \left( -\frac{h}{2} \right) = \frac{P}{bh} - \frac{Pe}{I} \frac{h}{2} = 0$

下縁 ( $z=h/2$ ) において  $\sigma' \left( \frac{h}{2} \right) = \frac{P}{bh} + \frac{Pe}{I} \frac{h}{2} = 1.3$

上縁の応力 0, 下縁の応力  $1.3 \text{ N/mm}^2$  **答** (配点 5 点)

(2) 下縁の応力が  $-f_b$  になるときの曲げモーメントを求める

$$\sigma' \left( \frac{h}{2} \right) = \left( \frac{P}{bh} + \frac{Pe}{I} \frac{h}{2} \right) - \frac{M}{I} \frac{h}{2} = -f_b \quad \text{より } M = 114 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$1.1 \times 10^2 \text{ kN}\cdot\text{m}$  **答** (配点 5 点)

問題 4：記述問題 **【10 点】**

以下を含んで 5 行以内の文章で答える

(1) (配点 5 点)

- せん断耐力の計算精度のほうが、曲げ耐力の計算精度よりも低いから、耐力算定上の不確実性をカバーする安全係数である部材係数を大きくする。

(2) (配点 5 点)

- ポストテンション方式では、コンクリート硬化後にコンクリートの中のシースに緊張材を通して緊張後固定することによりコンクリートにプレストレスを導入する。
- プレテンション方式では、コンクリート打設前に PC ワイヤーなどコンクリートと付着がある緊張材を緊張しておき、コンクリート打設・硬化後に緊張を開放する。緊張材とコンクリートの付着によりコンクリートに圧縮力が導入される。