

2007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【60点】

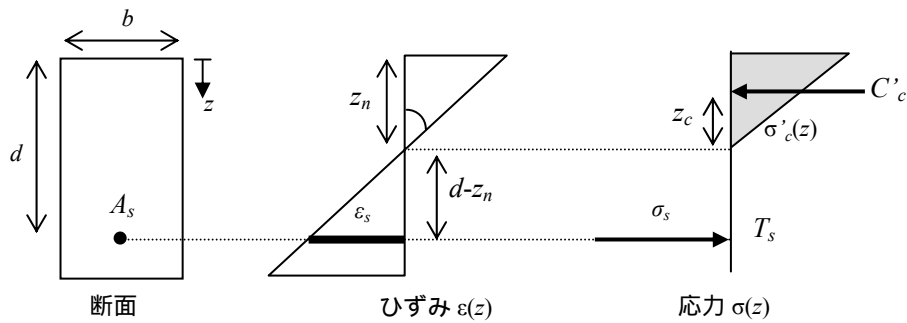
(1) 曲げひび割れ発生モーメント

$$M_{cr} = \frac{f_b I}{h/2} = \dots = 540 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$5.4 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 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

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = p d n \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{n p}} \right) = \dots = 287 \text{ mm}$$

$2.9 \times 10^2 \text{ mm}$ 答 (配点5点)

(3) 曲げひび割れ発生直後の鉄筋応力

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

$1.6 \times 10^2 \text{ N/mm}^2$ 答 (配点5点)

(4) 曲げひび割れ幅

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

$$= 1.1 \times 1.0 \times \left(\frac{15}{f'_c + 20} + 0.7 \right) \times 1.0 \times 300 \times \left(\frac{\sigma_s}{2.0 \times 10^5} + 100 \times 10^{-6} \right) = 0.3$$

これを σ_s について解いて、

$$\sigma_s = \left(\frac{0.3}{280.5} - 100 \times 10^{-6} \right) \times 2.0 \times 10^5 = 193.9 \text{ N/mm}^2 \quad (> 159.7 \text{ 曲げひび割れは発生している})$$

$$M = A_s \sigma_s (d - z_n / 3) = 656 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$6.6 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 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。

$$M_y = C'_c \cdot z_c + T_s \cdot (d - z_n) = T_s \cdot (d - z_n + z_c) = A_s f_y \cdot \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = 1352 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$1.4 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 答 (配点5点)

(6) 曲げ耐力

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

$$z_n = \frac{A_s f_y}{\frac{1}{2} \times f'_c b} = 120 \text{ mm}$$

曲げ耐力は、

$$M_u = A_s f_y (d - z_n/3) = 1459 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$1.5 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 答 (配点 10 点)

(7) 曲げ耐力

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

$$z_n = \frac{A_s f_y}{\beta \times 0.8 \times f'_c b}$$

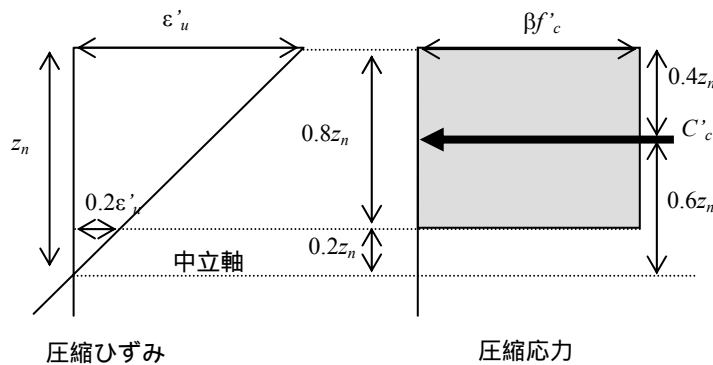
曲げ耐力は、

$$M_u = A_s f_y (d - 0.4z_n) = A_s f_y \left(d - \frac{A_s f_y}{2 \cdot \beta \cdot f'_c b} \right) = 1459 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

これを β について解くと、 $\beta = 0.75$

0.75 答 (配点 10 点)

【注意：途中の計算を記号のままで行うと楽に $\beta = 3/4 = 0.75$ と求められる】



(8) 主鉄筋量を減ら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

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = p d n \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{n p}} \right) = \dots = 182 \text{ mm}$$

曲げひび割れ発生直後の鉄筋応力は、

$$\sigma_s = \frac{M_{cr}}{A_s (d - z_n/3)} = \dots = 456 \text{ N/mm}^2$$

となり降伏強度を上回ることが確認される。したがって、破壊モードは鉄筋破断となると考えられる。

(配点 10 点)

問題 2：RC はりの曲げ耐力とせん断耐力 【20 点】

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

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

$$\text{せん断補強鉄筋が受け持つせん断耐力： } V_s = A_w f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) \frac{z}{s} = \frac{28500}{s} \text{ kN}$$

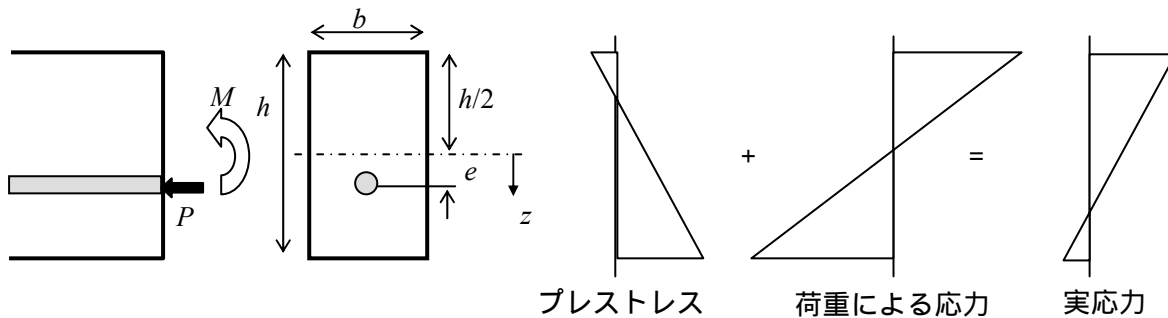
$$\text{せん断耐力： } V_u = V_c + V_s = 93.2 + \frac{28500}{s} \text{ kN}$$

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

破壊モードがせん断破壊と仮定した場合の終局荷重： $P_{vu} = 2V_u = 186.4 + \frac{57000}{s} kN$

せん断余裕度： $\frac{P_{vu}}{P_{mu}} > 2$ となるためには、 $s < 63.2mm$ **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 $\sigma'(z) > 0$ となる偏心量 e を求めればよい。

$$\sigma' \left(-\frac{h}{2} \right) = \frac{P}{bh} - \frac{Pe}{I} \frac{h}{2} > 0 \quad \text{より } e < 83.3mm$$

$8.3 \times 10 \text{ mm}$ **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

$$\sigma' \left(\frac{h}{2} \right) = \left(\frac{P}{bh} + \frac{Pe}{I} \frac{h}{2} \right) - \frac{M}{I} \frac{h}{2} = -f_b \quad \text{より } M = 68.8kN \cdot m$$

$6.9 \times 10 \text{ kN} \cdot m$ **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)

- 鉄筋は品質管理の行き届いた工場製品なので、供試体の強度と構造物中の鉄筋の強度の違いはきわめて小さいので材料係数は1としてよい。
- 一方コンクリートの強度は、施工、養生の影響を受ける。構造物中のコンクリート強度は位置により異なる。望ましくないほうへの変動を考慮するために材料係数は1.3とする。

(2) 許容ひび割れ幅がかぶりの関数となっている理由 (配点 5 点)

- ひび割れ幅だけについてみると、他の条件が同じであれば、かぶりが少ないほど大きい。しかし、鋼材腐食の防止の観点からすると、かぶりが少ないことは好ましくない。そこで、かぶりが大きいほど、ひび割れ幅限界値のほうも大きい値とすることによって、結果的にかぶりが小さい構造物が優れていると判定されないようにしている。