

2006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) 鉄筋比

$$p = \frac{A_s}{bd} = 0.012$$

0.012 (1.2%) 答 (配点5点)

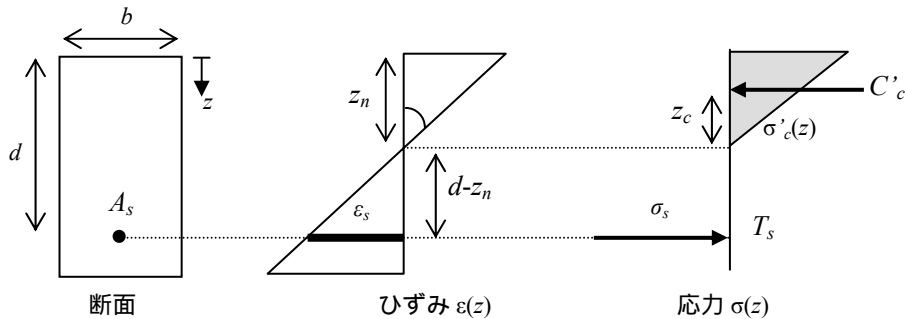
(2) 曲げひび割れ発生モーメント

$$M_{cr} = \frac{f_b I}{h/2} = \dots = 451.3 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$4.5 \times 10^2 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 答 (配点5点)

(3) 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

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = p d n \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{np}} \right) = \dots = 301 \text{ mm}$$

$3.0 \times 10^2 \text{ mm}$ 答 (配点10点)

(4) 曲げひび割れ幅

作用モーメントが $1000 \text{ kN} \cdot \text{m}$ であるときの鉄筋応力は、

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s (d - z_n / 3)} = \dots = 231.6 \text{ N/mm}^2 \quad (< f_y \text{ なので降伏していないとする仮定は正しい})$$

曲げひび割れ幅は、

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

$$= 1.1 \times 1.0 \times \left(\frac{15}{f'_c + 20} + 0.7 \right) \times 1.0 \times 250 \times \left(\frac{\sigma_s}{2.1 \times 10^5} + 150 \times 10^{-6} \right) = \dots = 0.327$$

0.33mm 答 (配点10点)

(5) 鉄筋降伏モーメント

(3) と同じ断面の状態を仮定する。

$$M_y = C'_c \cdot z_c + T_s \cdot (d - z_n) = T_s \cdot (d - z_n + z_c) = A_s f_y \cdot \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = 1728 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$1.7 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 答 (配点10点)

(6) 曲げ耐力

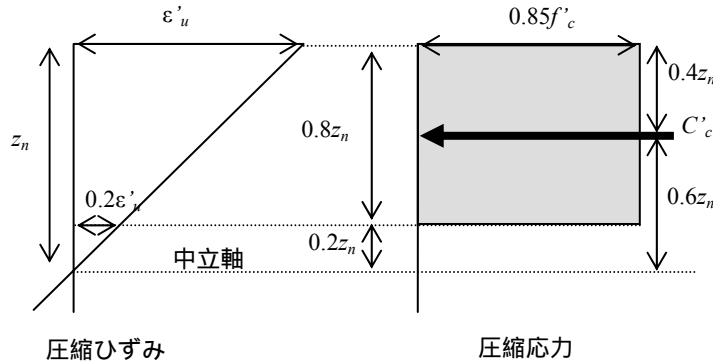
中立軸の位置 z_n をまず求める。

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.85 \times 0.8 \times f'_c b} = 158.8 \text{ mm}$$

曲げ耐力は、

$$M_u = A_s f_y (d - 0.4 z_n) = 1807 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$1.8 \times 10^3 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 答 (配点 10 点)



(7) 主鉄筋量を増やしたときの破壊モードの検討

破壊モードが曲げ引張破壊モードであると仮定して、終局時(コンクリート圧縮破壊時)の鉄筋ひずみを求めると、

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.85 \times 0.8 \times f'_c b} = 476.5 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon'_u \frac{d - z_n}{z_n} = 3111 \times 10^{-6} (> \varepsilon_y)$$

となり降伏していることが確認される。したがって、破壊モードは曲げ引張破壊モードである。

(配点 10 点)

問題 2 : RC はりの曲げ耐力とせん断耐力 【20 点】

解答例

せん断補強鉄筋の間隔を $s=80\text{mm}$ とする。(s の正解範囲は 94.5mm 以下)

$$\text{最大作用曲げモーメント (はり中央): } M = \frac{Pa}{2} = 50 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\text{曲げ耐力: } M_u = p b d^2 f_y \left(1 - 0.6 p \frac{f_y}{f'_c} \right) = 144 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$M_u > M$ であるので曲げ破壊しない。(配点 5 点)

$$\text{作用せん断力: } V = \frac{P}{2} = 50 \text{ kN}$$

$$\text{コンクリートが受け持つせん断耐力: } V_c = \beta_a \beta_p \beta_n f_{vc} b d = 67.2 \text{ kN}$$

$$\text{せん断補強鉄筋が受け持つせん断耐力: } V_s = A_w f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) \frac{z}{s} = 261 \text{ kN}$$

$$\text{せん断耐力: } V_u = V_c + V_s = 328 \text{ kN}$$

$V_u > V$ であるのでせん断破壊しない。(配点 5 点)

$$\text{破壊モードが曲げ破壊と仮定した場合の終局荷重: } P_{mu} = 2 \frac{M_u}{a} = 288 \text{ kN}$$

破壊モードがせん断破壊と仮定した場合の終局荷重： $P_{vu} = 2V_u = 656kN$

せん断余裕度： $\frac{P_{vu}}{P_{mu}} = 2.23$ であるので、せん断耐力は曲げ耐力の2倍以上ある。(配点5点)

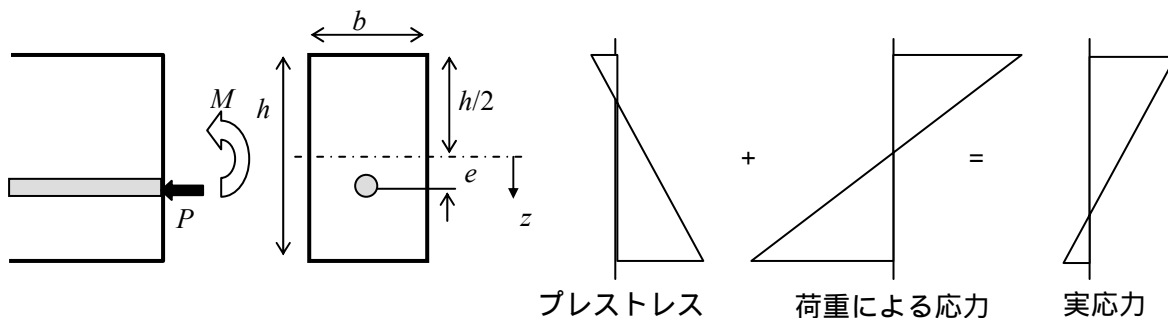
(要件 より $s < 94.5mm$ となる)

鉄筋比： $p = \frac{A_s}{bd} = 0.0125$

つりあい鉄筋比： $p_b = 0.44 \frac{f'_c}{f_y} = 0.033$

$p < p_b$ であるので曲げ破壊モードは曲げ引張破壊となる。(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 $\sigma'(z)=0$ となる作用モーメント M を求めればよい。

$$\sigma'\left(\frac{h}{2}\right) = \frac{P}{bh} + \frac{Pe}{I} \frac{h}{2} - \frac{M}{I} \frac{h}{2} = 0 \quad \text{より } M=21.7kN \cdot m$$

$2.2 \times 10 \text{ kN} \cdot m$ **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

$$\sigma'\left(\frac{h}{2}\right) = \left(\frac{P}{bh} + \frac{Pe}{I} \frac{h}{2} \right) - \frac{M}{I} \frac{h}{2} = -f_b \quad \text{より } M=48.3kN \cdot m$$

$4.8 \times 10 \text{ kN} \cdot m$ **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) せん断破壊が好ましくない理由 (配点5点)

- せん断破壊は、エネルギー吸収の小さい脆性的な破壊形態であり、構造物の崩壊に至る危険性がある。
- せん断破壊が生じたら復旧が困難である。
- 一方、曲げ引張破壊であれば、鉄筋降伏後に構造物が崩壊することなく大変形することにより、地震作用のエネルギーを吸収することができるので、鉄筋コンクリートの破壊形態として望ましい。

(2) ひび割れ発生以降に引張鉄筋周辺のコンクリートが鋼材の腐食からの保護以外に果たす役割 (配点5点)

- 鉄筋周辺のコンクリートは、曲げひび割れ発生後もひび割れ以外の部分における鉄筋との付着により、鉄筋とコンクリート間の力の伝達、鉄筋とコンクリートの一体変形を実現している。これらは、曲げひび割れ発生後の鉄筋コンクリートの耐荷メカニズムの前提になっている。すなわち、これがないと曲げひび割れ発生後の鉄筋コンクリートの耐荷機構が成り立たない。また、正負交番載荷時には、鉄筋の座屈防止の役割も担っている。