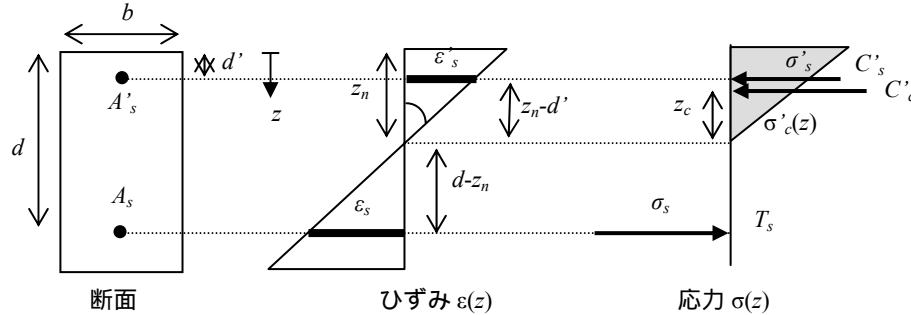


2004年版「鉄筋コンクリート構造」試験問題の解答

問題1：RCはりの曲げ【40点】

(1)

()のコンクリートの応力 - ひずみ関係(圧縮のみ有効の弾性体)を用いれば、断面のひずみ、応力の状態は以下のように表される。



(1-1) $C'_c = \frac{1}{2} E_c z_n^2 b \phi$, $C'_s = A'_s E_s (z_n - d') \phi$, $T_s = A_s E_s (d - z_n) \phi$ [答] (配点5点)

(1-2) $0 = C'_c + C'_s - T_s$ より、中立軸の位置 z_n に関する二次方程式を導くと、

$$\frac{1}{2} E_c b z_n^2 + A'_s E_s (z_n - d') - A_s E_s (d - z_n) = 0 \quad z_n^2 + 2 \frac{A_s + A'_s}{b} \frac{E_s}{E_c} z_n - 2 \frac{A_s d + A'_s d'}{b} \frac{E_s}{E_c} = 0$$

この有意な解を求めると、 $z_n = \frac{A_s + A'_s}{b} \frac{E_s}{E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2b \frac{A_s d + A'_s d'}{(A_s + A'_s)^2} \frac{E_c}{E_s}} \right) = \dots = 138.4 \text{ mm}$

139mm [答] (配点5点)

(1-3) 引張鉄筋降伏時 ($\epsilon_s = \epsilon_y$) の曲率は $\phi_y = \frac{\epsilon_y}{d - z_n} = 7.65 \times 10^{-6} \text{ mm}^{-1}$ であるので、

$$C'_c = 293 \text{ kN}, \quad C'_s = 27.1 \text{ kN}, \quad T_s = 320 \text{ kN}$$

$$M_y = C'_c \cdot z_c + C'_s \cdot (z_n - d') + T_s \cdot (d - z_n) = \dots = 113.1 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{113kN} \cdot \text{m} \text{ [答] (配点5点)}$$

(1-4) 圧縮鉄筋のひずみは $\epsilon'_s = (z_n - d') \phi_y = 676 \times 10^{-6} < \epsilon_y (= 2000 \times 10^{-6})$ によって降伏していない。 [答] (またコンクリート上縁の応力は $\sigma'_c = E_c z_n \phi_y = 21 \text{ N/mm}^2 < f'_c (= 50 \text{ N/mm}^2)$ なのでコンクリートも破壊していないことが確かめられる。)(配点5点)

(2) 問題に不備があるので、採点対象から除外し、全員に点数を与える。(配点20点)

解説 正しく計算すると、曲げ耐力時には圧縮鉄筋は降伏していない。したがって、問題のように、圧縮鉄筋の降伏を仮定したままでは、正解までたどり着けない。正解は以下の手順で求めることができる。

「圧縮鉄筋、引張鉄筋ともに降伏と仮定」

「力のつりあいより中立軸を求める」

「圧縮鉄筋が降伏しているという仮定に矛盾する」

「引張鉄筋は降伏し、圧縮鉄筋は降伏していないと仮定」

「力のつりあいより中立軸を求める」

「仮定を満足する」

「曲げ耐力を求める」

そのようにして解いてみる。

まず、圧縮鉄筋、引張鉄筋ともに降伏していると仮定する。

$$C'_c = \alpha(1 - \beta) f'_c b z_n, \quad C'_s = A'_s f_y, \quad T_s = A_s f_y$$

$$0=C'_c+C'_s-T_s \text{より, 中立軸の位置 } z_n \text{ を求めると, } z_n = \frac{(A_s - A'_s)f_y}{\alpha(1-\beta)f'_c b} = 35.3\text{mm}$$

このとき圧縮鉄筋のひずみは $\varepsilon'_s = \frac{z_n - d'}{z_n} \varepsilon'_u = -1458 \times 10^{-6} < \varepsilon_y (= 2000 \times 10^{-6})$ となり, 降伏していないので仮定に矛盾する.

次に, 引張鉄筋は降伏し, 圧縮鉄筋は降伏していないと仮定する.

$$C'_c = \alpha(1-\beta)f'_c b z_n, \quad C'_s = A'_s E_s \varepsilon'_s, \quad T_s = A_s f_y \quad (\text{ここに } \varepsilon'_s = \frac{z_n - d'}{z_n} \varepsilon'_u)$$

$0=C'_c+C'_s-T_s$ より, 中立軸の位置 z_n を求める (2次式を解く) と, $z_n=47.9\text{mm}$

このとき圧縮鉄筋のひずみは $\varepsilon'_s = \frac{z_n - d'}{z_n} \varepsilon'_u = -150 \times 10^{-6} < \varepsilon_y (= 2000 \times 10^{-6})$ となり, 降伏していないので仮定に矛盾しない. (圧縮鉄筋も引張側になっている.)

$C'_c = 326\text{kN}, \quad C'_s = -6.0\text{kN}, \quad T_s = 320\text{kN}$

$$C'_c = 326\text{kN}, \quad C'_s = -6.0\text{kN}, \quad T_s = 320\text{kN}$$

曲げ耐力を求めると, $M_y = C'_c \cdot z_c + C'_s \cdot (z_n - d') + T_s \cdot (d - z_n) = \dots = 122\text{kN} \cdot \text{m}$

問題2: RC はりの曲げ耐力とせん断耐力【30点】

(1) 鉄筋比 $p = \frac{A_s}{bd} = 0.0169$ **答** (配点5点)

つりあい鉄筋比 $p_b = 0.44 \frac{f'_c}{f_y} = 0.044 > p$ **答**

(2) $M_u = pbd^2 f_y \left(1 - 0.6p \frac{f_y}{f'_c}\right) = 95.7\text{kN} \cdot \text{m}$ **答** (配点5点)

(3) コンクリートが受け持つせん断耐力 $V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} bd = 63.1\text{kN}$

せん断補強鉄筋が受け持つせん断耐力 $V_s = A_w f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) \frac{z}{s} = 108.5\text{kN}$

$V_u = V_c + V_s = 172\text{kN}$ **答** (配点10点)

(4) 破壊モードが曲げ破壊と仮定した場合の終局荷重は, $P_{mu} = 2 \frac{M_u}{a} = 191\text{kN}$

破壊モードがせん断破壊と仮定した場合の終局荷重は, $P_{vu} = 2V_u = 344\text{kN}$

$P_{vu} > P_{mu}$ であるので, 実際に生じる破壊モードは 曲げ破壊 (曲げ引張破壊) であると判断できる. **答**

(配点10点)

問題3: RC 部材のひび割れ幅【10点】

鉄筋の変形とコンクリートの変形と開口するひび割れ幅との変形適合条件より,

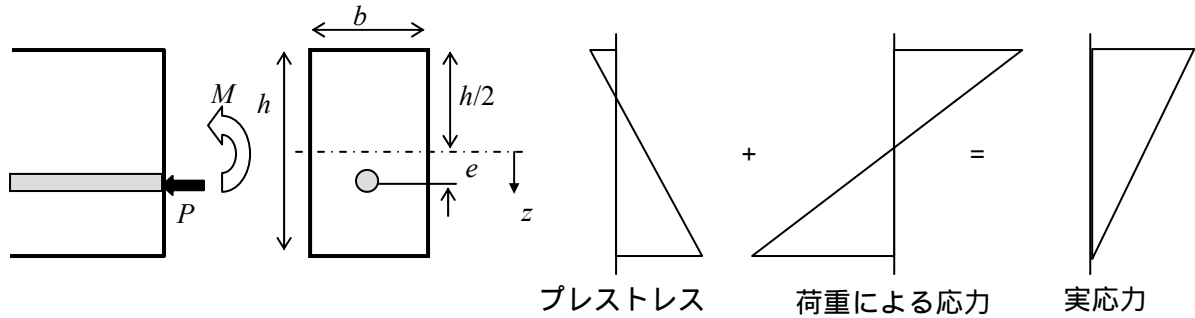
$$w = l(\varepsilon_s - \varepsilon_c)$$

ここに, w : ひび割れ幅, l : ひび割れ間隔, ε_s : 鉄筋のひずみ, ε_c : コンクリートのひずみである. いま, $l=180\text{mm}$ が与えられている. 供試体に加えられた引張荷重はすべて鉄筋が受け持つとの仮定より,

$$\varepsilon_s = \frac{\sigma_s}{E_s} = \frac{P/A_s}{E_s} = 871 \times 10^{-6}. \text{ コンクリートのひずみは無視するとの仮定より, } \varepsilon_c = 0. \text{ これらより,}$$

$w = 180 \times (871 \times 10^{-6} - 0) = 0.157\text{mm}$ **答** (配点10点)

問題4：プレストレストコンクリートはりのデコンプレッションモーメント【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、

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

下縁の応力がゼロになる条件 $\sigma'(h/2)=0$ を連立して、そのときの曲げモーメントを求めると

$$M = 16.7 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \boxed{\text{答}} \quad (\text{配点 10 点})$$

問題5：記述問題【10点】

以下を含んで5行以内の文章で答える

(1) プレストレストコンクリートに高強度コンクリートが適している理由 (配点5点)

- プレストレストコンクリートでは、緊張材によりコンクリートにあらかじめ圧縮応力を導入することにより、載荷荷重に対してコンクリートを見かけ上引張にも有効な材料として機能させる。したがって、コンクリートの性質としてより高い圧縮応力に耐えることができる法が効果的であるので、高強度コンクリートの利用が適しているといえる。
- プレストレストコンクリート構造は使用状態で曲げひび割れを発生させない設計が可能となるので、高い耐久性が要求される構造物への使用にも適している。より高い耐久性を確保するには、組織が緻密で腐食物質の侵入抵抗性が高い高強度コンクリートと組み合わせることが効果的である。
- 高強度コンクリートはクリープと収縮が小さいので、導入したプレストレスの損失を少なくできる。

(2) 鉄筋コンクリートで曲げひび割れを許容する理由 (配点5点)

- 鉄筋コンクリートは曲げひび割れが発生しても安全性・使用性が損なわれない。
- 曲げひび割れの発生を許容しないと、そのために断面を大きくしなければならず、経済的でない。
- 曲げひび割れにより、たしかに鋼材腐食に対する抵抗性が低下することが懸念されるが、曲げひび割れ幅を小さく抑えることにより耐久性を確保することが可能である。