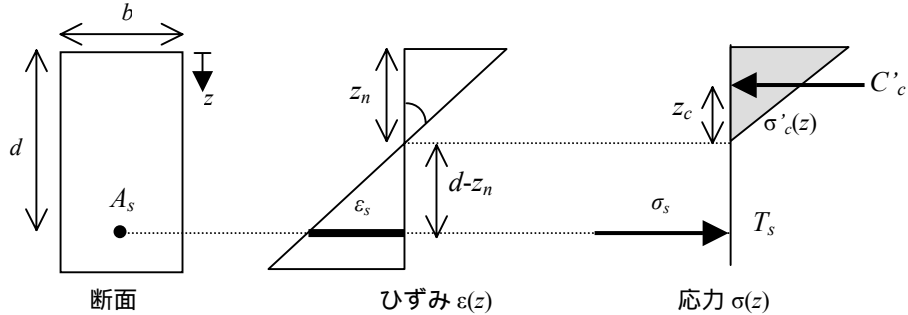


2003年版「鉄筋コンクリート構造」試験問題の解答

問題1：RCはりの曲げ

(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。



支配方程式より、中立軸の位置znに関する二次方程式を導くと、

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

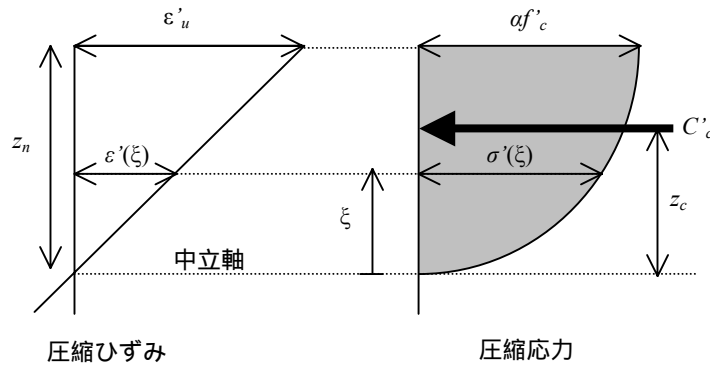
この有意な解を求めると、 $z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = \dots = 121.8 \text{ mm}$

鉄筋降伏時 ($\sigma_s = f_y$) のモーメントは、

$$M_y = C'_c \cdot z_c + T_s \cdot (d - z_n) = T_s \cdot (d - z_n + z_c) = A_s f_y \cdot \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = 115 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

答：115kN・m (配点 10 点)

(2)



応力 - ひずみ関係 () を用いた場合の、終局時における圧縮応力の分布の拡大図

上図において、 ξ は中立軸上に原点をとった上向き座標軸である。($\epsilon'(\xi) = \epsilon'_u \frac{\xi}{z_n}$ となる。)

(2-1)

$$C'_c = \int_0^{z_n} \sigma'(\xi) \cdot b \cdot d \xi = \int_0^{z_n} \alpha \cdot f'_c \cdot \left\{ 2 \left(\frac{\epsilon'(\xi)}{\epsilon'_u} \right) - \left(\frac{\epsilon'(\xi)}{\epsilon'_u} \right)^2 \right\} \cdot b \cdot d \xi = \dots = \frac{2}{3} \alpha \cdot f'_c \cdot b \cdot z_n \quad \text{答}$$

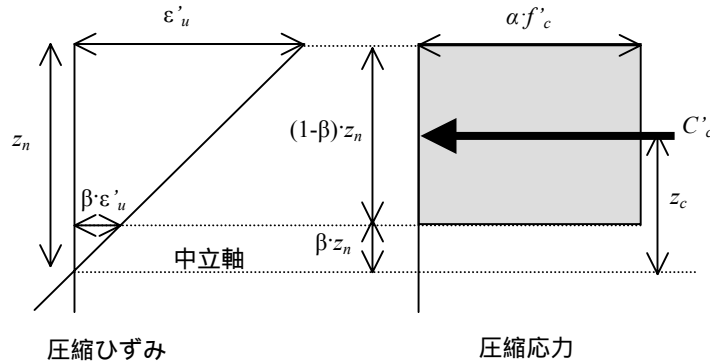
$$z_c = \frac{\int_0^{z_n} \sigma'(\xi) \cdot \xi \cdot b \cdot d \xi}{C'_c} = \frac{\frac{5}{12} \alpha \cdot f'_c \cdot b \cdot z_n}{\frac{2}{3} \alpha \cdot f'_c \cdot b \cdot z_n} = \frac{5}{8} z_n \quad \text{答 (配点, } C'_c \text{ と } z_c \text{ で 5 点, 部分点あり)}$$

(2-2)

$$0 = C'_c - T_s \text{ より, } 0 = \frac{2}{3} \alpha \cdot f'_c \cdot z_n \cdot b - A_s \cdot f_y, \text{ よって } z_n = \frac{3}{2} \frac{A_s \cdot f_y}{\alpha \cdot f'_c \cdot b} = 70.6\text{mm}$$

$$\text{曲げ耐力は } M_u = A_s f_y \cdot \left(d - \frac{3}{8} z_n \right) = 120\text{kN} \cdot \text{m} \quad \text{答: } \underline{120\text{kN} \cdot \text{m}} \text{ (配点 5 点)}$$

(3)



応力 - ひずみ関係 () を用いた場合の, 終局時における圧縮応力の分布の拡大図

上図において, $C'_c = (1-\beta) \cdot \alpha \cdot f'_c \cdot z_n \cdot b$, $z_c = \beta \cdot z_n + \frac{1-\beta}{2} \cdot z_n = \frac{1+\beta}{2} \cdot z_n$ である .

(3 - 1)

$$0 = C'_c - T_s \text{ より, } 0 = (1-\beta) \cdot \alpha \cdot f'_c \cdot z_n \cdot b - A_s \cdot f_y, \text{ よって } z_n = \frac{A_s \cdot f_y}{(1-\beta) \cdot \alpha \cdot f'_c \cdot b}$$

$$\text{曲げ耐力は } M_u = C'_c \cdot z_c + T_s \cdot (d - z_n) = T_s \cdot (d - z_n + z_c) = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{1}{2} \cdot \frac{A_s \cdot f_y}{b \cdot \alpha \cdot f'_c} \right) \quad \text{答}$$

(配点 5 点, 答えに z_n を含んでいる場合などは部分点を与える)

(3 - 2)

数値を代入すると, $M_u = 120.4\text{kN} \cdot \text{m}$

答: 120kN・m (配点 10 点)

(3 - 3)

$$0 = C'_c - T_s \text{ より, } 0 = (1-\beta) \cdot f'_c \cdot z_n \cdot b - A_s \cdot f_y, \text{ よって } z_n = \frac{A_s \cdot f_y}{(1-\beta) \cdot \alpha \cdot f'_c \cdot b} = 58.8\text{mm}$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - z_n}{z_n} \cdot \varepsilon'_u = 20300 \times 10^{-6} > \varepsilon_y (= 2000 \times 10^{-6})$$

よって降伏しているとする仮定は正しい. (配点 5 点)

問題 2 : RC はりの曲げひび割れ幅とせん断耐力

(1)

$$\text{純かぶり } c = h - d - \frac{\phi}{2} = 39\text{mm}$$

$$\text{許容ひび割れ幅 } w_a = 0.005c = 0.195\text{mm}$$

答: 0.20mm (配点 5 点)

(2)

$$\text{ひび割れ間隔はおおよそ, } 4c + 0.7(c_s - \phi) = 193\text{mm} \cong 200\text{mm}$$

答: (配点 5 点)

(3)

$$\text{曲げひび割れ幅 } w = 1.1k_1k_2k_3 \{ 4c + 0.7(c_s - \phi) \} \left(\frac{\sigma_s}{E_s} + \varepsilon'_{csd} \right) = 206.6 \cdot \left(\frac{\sigma_s}{2.0 \times 10^5} + 150 \times 10^{-6} \right)$$

$$w < w_a \text{ となるためには } \sigma_s < 158.8 \text{ N/mm}^2$$

答: 159N/mm²以下 (配点 10 点, 部分点あり)

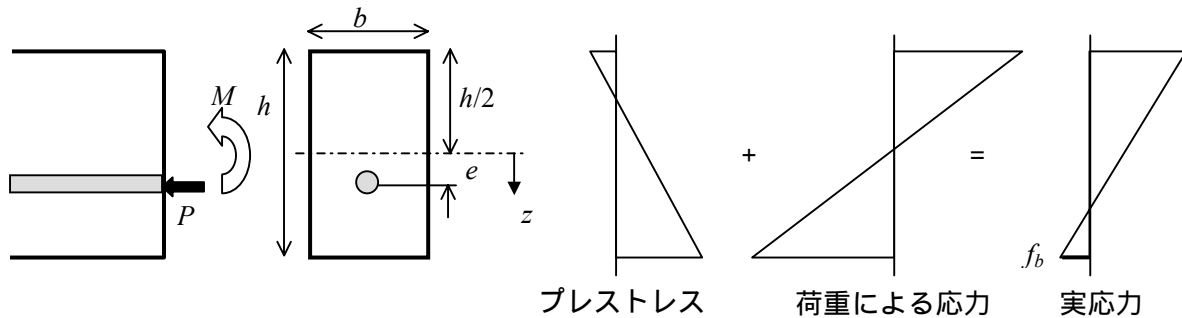
(4)

コンクリートが受け持つせん断耐力 $V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} b d = 91.9 \text{ kN}$

せん断補強鉄筋が受け持つせん断耐力 $V_s = A_w f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) \frac{z}{s} = \frac{1.37 \times 10^4}{s} \text{ kN}$

$V_u (= V_c + V_s) > 200 \text{ kN}$ となるためには $s < 126.7 \text{ mm}$ **答：127mm以下** (配点 10 点, 部分点あり)

問題3：プレストレストコンクリートはりの曲げひび割れ発生荷重



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,

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

曲げひび割れ発生条件 $\sigma'(h/2) = -f_b$ (下縁の応力が曲げ引張強度) を連立して, そのときの曲げモーメントを求めると, $M = 36.7 \text{ kN}\cdot\text{m}$ **答：36.7kN・m以下** (配点 10 点, 部分点あり)

問題4：記述問題

以下を含んで5行以内の文章で答える (配点各5点, 部分点あり)

(1) 曲げ引張破壊モードが望ましい理由

- 曲げ圧縮破壊やせん断破壊に比べると, 最終的な破壊に至るまで崩壊することなく大きく変形することができ, 地震等の外力のエネルギーを吸収できる.
- 延性的な破壊 (脆性的でない)
- 鉄筋コンクリートの特徴である, ねばりのある破壊形態である.

(2) 引張側 (鉄筋周辺) コンクリートの役割

- 塩分等の腐食物質から鉄筋を保護する (鉄筋の腐食防止)
- 付着により鉄筋とコンクリートの間の力の伝達を行う
- 付着により鉄筋とコンクリートを一体として変形させる
- 鉄筋の座屈を防止する

(3) RCと比較してPCの特徴

- RCよりも曲げひび割れ発生荷重を高くすることができる
- 使用状態で曲げひび割れの発生を許さない設計が可能 (耐久性に有利)
- 断面を小さくすることができるので, スレンダーな構造物が造れる
- プレストレッシングやグラウトの注入などの工程が含まれるため, RCよりも施工に技術が要る

(4) コンクリートの Tension-Stiffening 効果について

鉄筋コンクリート中のコンクリートは, 付着により鉄筋との間で力の伝達を行い, ひび割れ発生以降もひび割れ部分以外では引張応力を受け持っている. これをコンクリートの Tension-Stiffening (引張剛性) 効果と呼んでいる. 通常, 簡単な計算では, この効果を無視している.