

「コンクリート構造の力学」 期末試験問題

注意：

- 持参した A4 用紙 1 枚の自筆メモのみ参照してよい。このメモは答案と一緒に提出すること。
- 計算機は使用してよい。
- 試験中はスマホ、携帯電話の操作をしてはならない。

問題 1：曲げモーメントを受ける下図の鉄筋コンクリートはりについて、以下の設問に答えよ。(50 点)

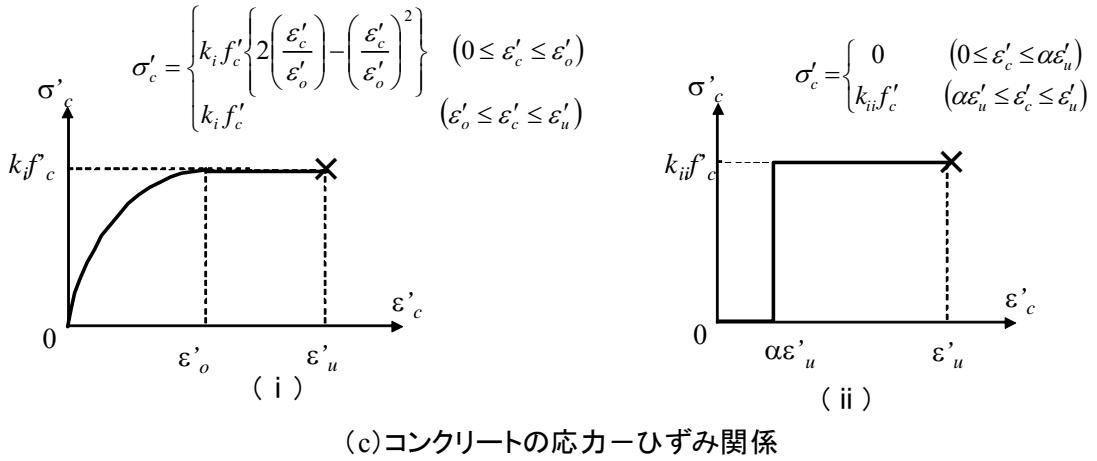
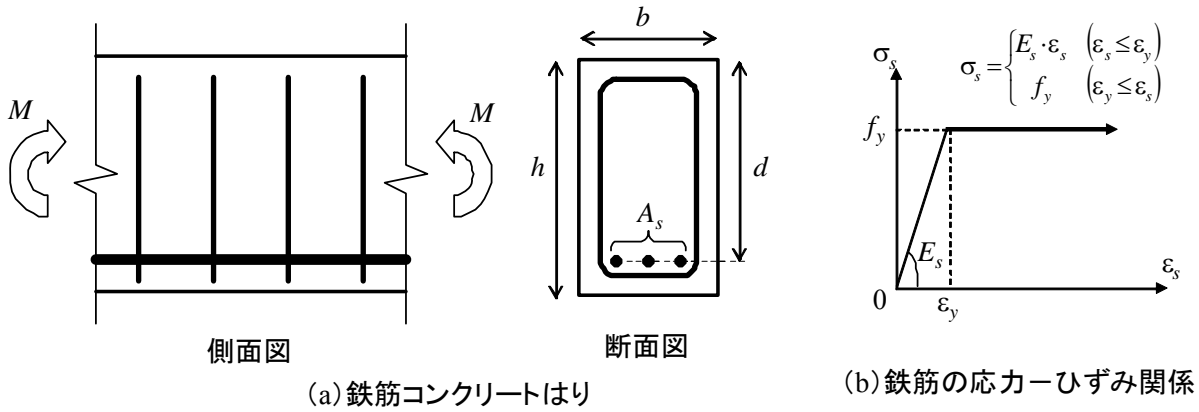


図 1 RC はりの断面および材料の応力-ひずみ関係

寸法		コンクリート		鉄筋	
b	250mm	圧縮強度 f'_c	30N/mm ²	弾性係数 E_s	2.0×10 ⁵ N/mm ²
d	400mm	ひび割れ強度 f_b	4.5N/mm ²	降伏強度 f_y	400 N/mm ²
h	450mm	弾性体として扱う場合の弾性係数 E_c	2.5×10 ⁴ N/mm ²	降伏ひずみ ϵ_y	$=f_y/E_s$
A_s	1200mm ²	圧縮破壊ひずみ ϵ'_u	3500×10 ⁻⁶		
		ϵ'_o	2000×10 ⁻⁶		
		k_i	0.85		
		k_{ii}	0.85		
		α	0.20		

- (1) 曲げひび割れ発生モーメント M_{cr} を求めよ。
 - (2) 曲げひび割れ発生直前の鉄筋の応力と直後の鉄筋の応力を求めよ。
 - (3) 曲げひび割れ発生モーメントの 2 倍の曲げモーメントが作用したときの鉄筋の応力を求めよ。
 - (4) (3) のときの曲げひび割れ幅を求め、ひび割れ幅の限界値を満足するかどうか照査せよ。
- (ア) 曲げひび割れ幅は次式で算定してよい。

$$w = 1.1k_1k_2k_3 \left\{ 4c + 0.7(c_s - \phi) \right\} \left(\frac{\sigma_s}{E_s} + \epsilon'_{csd} \right)$$

ここに、 k_1 ：鉄筋の表面形状がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数。1.0 としてよい。

k_2 : コンクリートの品質がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数.

$$k_2 = \frac{15}{f'_c + 20} + 0.7 \text{ としてよい}$$

k_3 : 鉄筋段数がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数. 1.0 としてよい.

$4c + 0.7(c_s - \phi)$: ひび割れ間隔. 250mm としてよい.

ε'_{csd} : コンクリートの乾燥収縮 (150×10^{-6} としてよい)

(イ) ひび割れ幅の限界値は式 $w_a = 0.005c$ により求めてよい. ここに c はかぶりであり, 本問では 45mm としてよい.

(5) 引張鉄筋が降伏するときの曲げモーメント M_y を求めよ.

(6) コンクリートの圧縮応力-ひずみ関係に図 1 の (i) を用いた場合のはりの曲げ耐力 M_u を計算せよ. 以下の (ア) (イ) を用いてよい.

(ア) 中立軸の位置を上縁から z_n とすると, コンクリートの圧縮合力 C'_c は次式で表される.

$$C'_c = k f'_c b z_n \left(1 - \frac{1}{3} \frac{\varepsilon'_o}{\varepsilon'_u} \right)$$

(イ) 中立軸の位置を上縁から z_n とすると, 中立軸から圧縮力の作用中心までの距離 z_c は次式で表される.

$$z_c = z_n \frac{\frac{1}{2} - \frac{1}{12} \left(\frac{\varepsilon'_o}{\varepsilon'_u} \right)^2}{1 - \frac{1}{3} \frac{\varepsilon'_o}{\varepsilon'_u}}$$

(7) コンクリートの圧縮応力-ひずみ関係に図の (ii) を用いた場合の, はりの曲げ耐力 M_u を計算せよ. $k_{ii} = 0.85$, $\alpha = 0.20$ とする.

(8) (6) (7) で求めた曲げ耐力は微妙に違っている. 完全に一致するためには (ii) の応力-ひずみ関係の k_{ii} と α の値をどれだけを設定すればよいか. 答えだけでなく求め方も記せ.

(9) 題意のはりが曲げひび割れ発生後にただちに鉄筋が降伏しないためには鉄筋比がどれだけ以上であればよいか.

問題2：2点荷重を受ける下図の鉄筋コンクリートはりの破壊モードが曲げ破壊となるように以下の手順でせん断補強鉄筋の間隔 s を決定したい。設問に順次答えよ。(20点)

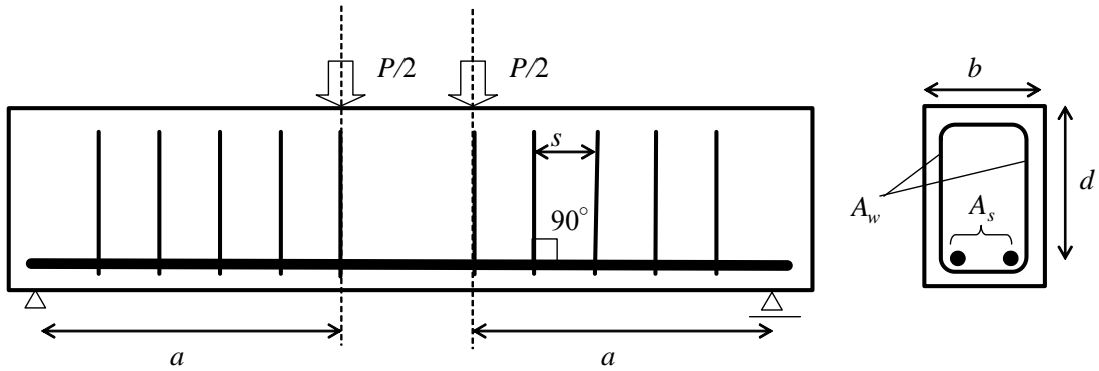


図 鉄筋コンクリートはり

寸法など

$a=1200$ mm $b=200$ mm $d=400$ mm s :せん断補強鉄筋の間隔 $A_s: 2000$ mm ² (合計値) $A_w: 150$ mm ² (一組のせん断補強鉄筋の断面積)
--

材料の物性値

コンクリートの圧縮強度 $f'_c=40$ N/mm ² コンクリートの弾性係数 $E_c=2.5 \times 10^4$ N/mm ² 鉄筋の降伏強度 $f_y=400$ N/mm ² 鉄筋の弾性係数 $E_s=2.0 \times 10^5$ N/mm ² (主鉄筋とせん断補強鉄筋共通)

- (1) せん断破壊しないと仮定して曲げ降伏荷重(軸方向鉄筋が降伏する荷重)を求めよ。
 (2) 破壊モードがせん断破壊と仮定してせん断耐力を求めよ。 s を未知量として(記号で)含んだ形でよい。せん断耐力は以下の式で求めてよい。

【せん断耐力 V_u 】(せん断破壊するときのせん断力)

$$V_u = V_c + V_s$$

ここに、 V_c : コンクリートが受け持つせん断耐力

$$V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} b d$$

$$f_{vc} = 0.20 \cdot \sqrt[3]{f'_c} \quad (f'_c \text{ および } f_{vc} \text{ の単位は } \text{N/mm}^2)$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad (d \text{ の単位は } \text{m})$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100p} \quad (p \text{ は引張主鉄筋比})$$

$$\beta_n = 1.0 \text{ としてよい}$$

V_s : せん断補強鉄筋が受け持つせん断耐力

$$V_s = A_w f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) \frac{z}{s}$$

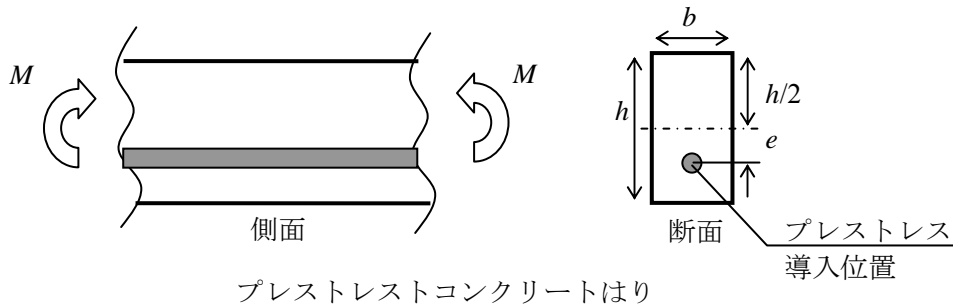
A_w : 一組のせん断補強鉄筋の断面積

α : せん断補強鉄筋と部材軸のなす角度

$z=d/1.15$ としてよい

- (3) (1) (2) の結果を利用してせん断破壊荷重が曲げ降伏荷重の1.5倍以上になるように、せん断補強鉄筋の間隔 s を定めよ。

問題3：下図のプレストレストコンクリートはりに120kNのプレストレス力を導入する。以下の問いに答えよ。(10点)



$b=300\text{mm}$, $h=500\text{mm}$
 コンクリートのひび割れ強度 $f_b=6.0\text{ N/mm}^2$
 導入プレストレス力：120kN

- (1) 荷重(曲げモーメント)が作用していないときに断面に引張応力が発生しないためには偏心量 e をどれだけ以下にすればよいか。自重は考慮しなくてよい。
- (2) 偏心量 e を(1)で求めた値とする。曲げひび割れ発生モーメントを求めよ。

問題4：以下の各文の正誤を○×で答えよ。(10点)

- (1) 曲げ降伏が先行するように設計した鉄筋コンクリート柱部材でも、地震時のように繰返し荷重を受けると曲げ降伏後にせん断破壊を生じることがある。
- (2) より大きな地震力に抵抗するためには、軸方向鉄筋量を多く配置するのが最も効果的な方法である。
- (3) コンクリートの設計基準強度とは一般に圧縮強度の特性値のことである。
- (4) コンクリートの引張強度は曲げ引張強度よりも高い。
- (5) 同一部材であっても部材係数は曲げ耐力算定時とせん断耐力算定時で異なってもよい。

問題5：以下について、それぞれ3行以内で答えよ。(10点)

- (1) 曲げひび割れ発生後の鉄筋の応力分布について説明せよ。
- (2) 鉄筋コンクリートの設計において鋼材腐食に対するひび割れ幅の限界値を設定する意義について説明せよ。
- (3) プレストレストコンクリートの特徴を二つ以上挙げて説明せよ。
- (4) 有効プレストレスについて説明せよ。
- (5) 鉄筋コンクリート構造物の耐震設計において、外力としての水平力の定め方に関する変遷を述べよ。