

「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)

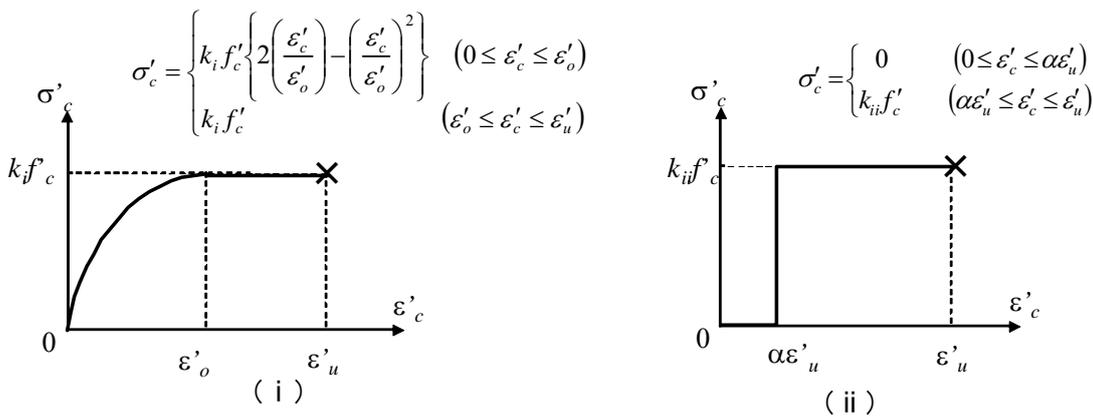
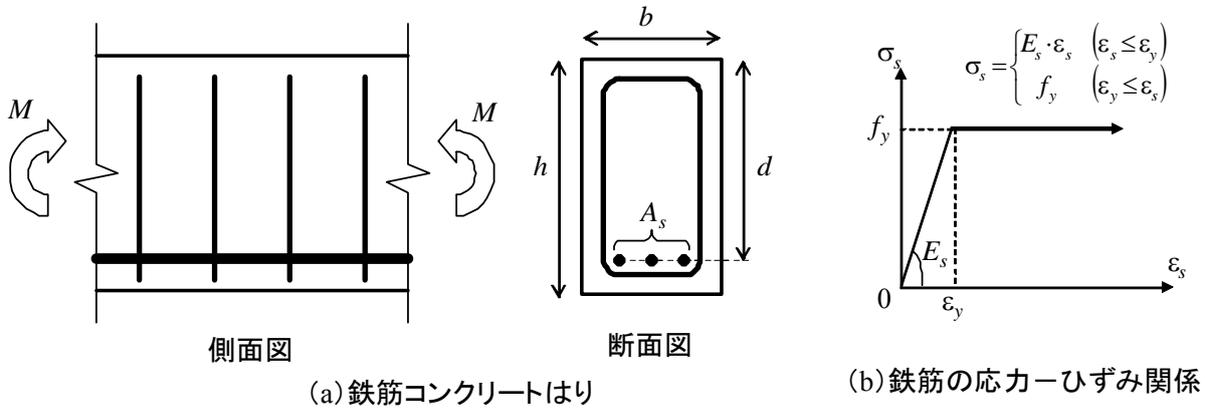


図 1 RC はりの断面および材料の応力-ひずみ関係

寸法		コンクリート		鉄筋	
$b$	300mm	圧縮強度 $f'_c$	35N/mm <sup>2</sup>	弾性係数 $E_s$	2.0×10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup>
$d$	450mm	ひび割れ強度 $f_b$	5.0N/mm <sup>2</sup>	降伏強度 $f_y$	350 N/mm <sup>2</sup>
$h$	520mm	弾性体として扱う場合の弾性係数 $E_c$	2.5×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup>	降伏ひずみ $\epsilon_y$	$=f_y/E_s$
$A_s$	1500mm <sup>2</sup>	圧縮破壊ひずみ $\epsilon'_u$	3500×10 <sup>-6</sup>		
		$\epsilon'_o$	2000×10 <sup>-6</sup>		
		$k_i$	0.85		
		$k_{ii}$	0.85		
		$\alpha$	0.20		

- (1) このはりの鉄筋比はどれだけか。
- (2) 曲げひび割れ発生モーメント  $M_{cr}$  を求めよ。
- (3) 曲げひび割れ発生モーメントの 2.5 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. 280mm としてよい.

$\varepsilon'_{csd}$ : コンクリートの乾燥収縮 ( $150 \times 10^{-6}$  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 60mm 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 c (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) (6) の (ア) (イ) の式を実際に導け.

(8) コンクリートの圧縮応力-ひずみ関係に図 1 の c (ii) を用いた場合のはりの曲げ耐力  $M_u$  を計算せよ.

(9) 題意のはりのつり合い鉄筋比を求めよ. コンクリートの圧縮応力-ひずみ関係は図 1 の c (ii) を用いてよい.

問題2：下図の鉄筋コンクリートはりが必要①②を満たすように主鉄筋量  $A_s$ 、およびせん断補強鉄筋の間隔  $s$  を決定したい。  $A_s$  と  $s$  を設定し、要件①②を満足することを計算により確かめよ。(20点)  
要件：

- ① 破壊モードが曲げ引張破壊となる。
- ② せん断耐力が曲げ耐力の2倍以上ある。

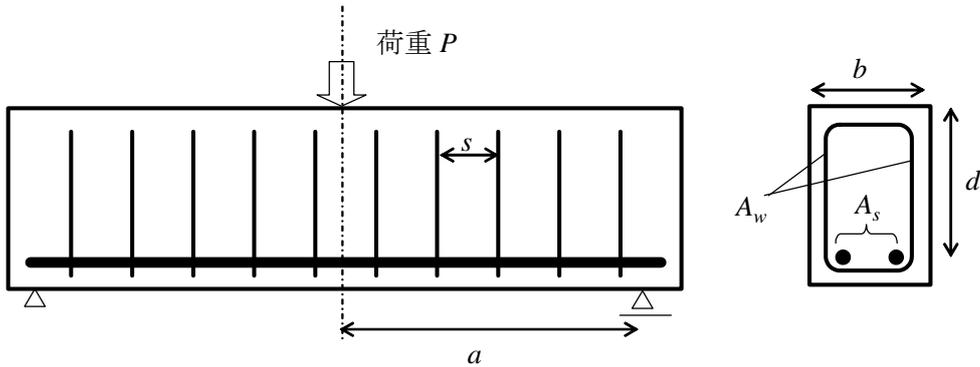


図 鉄筋コンクリートはり

寸法など

$a=1500$ mm $b=300$ mm $d=500$ mm $s$ :せん断補強鉄筋の間隔 $A_s$ : 主鉄筋の断面積 $A_w$ : $150\text{mm}^2$ (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 <sup>2</sup> 鉄筋の降伏強度 $f_y=400$ N/mm <sup>2</sup> (主鉄筋とせん断補強鉄筋共通)
---

本問題では必要に応じて以下の算定式を用いてよい。

【曲げ耐力  $M_u$ 】 (断面が曲げ破壊するときの曲げモーメント)

問1のc(ii)の応力ひずみ関係を用いて求めてよい。

【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

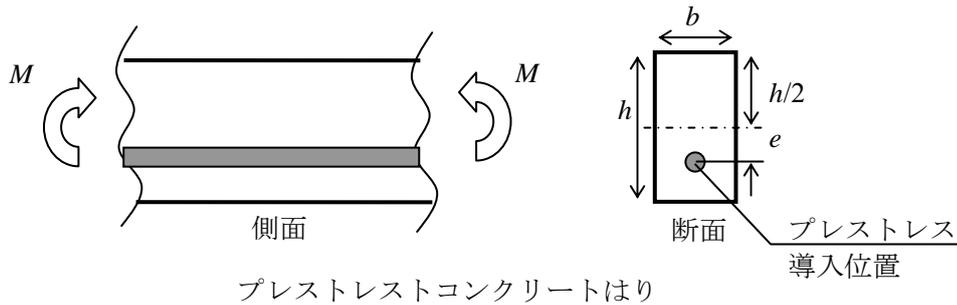
$$V_s = A_w f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) \frac{z}{s}$$

$A_w$  : 一組のせん断補強鉄筋の断面積

$\alpha$  : 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

問題3：下図のプレストレストコンクリートはりに  $50\text{kN}\cdot\text{m}$  の曲げモーメントが作用する。以下の問いに答えよ。(10点)



$b=200\text{mm}$ ,  $h=400\text{mm}$ ,  $e=100\text{mm}$   
 コンクリートのひび割れ強度  $f_b=6.0\text{ N/mm}^2$   
 作用曲げモーメント： $M=50\text{kN}\cdot\text{m}$

- (1) 作用曲げモーメントのもとで曲げひび割れが発生しないようにするにはどれだけ以上のプレストレス力を導入しなければならないか。
- (2) 作用曲げモーメントのもとで下縁に引張応力が発生しないためにはどれだけ以上のプレストレス力を導入しなければならないか。

問題4：以下の各文の正誤を○×で答えよ。(10点)

- (1) コンクリート中における鉄筋の降伏はひび割れとひび割れの midpoint において最初に生じる。
- (2) 鉄筋コンクリート部材中ではせん断力はコンクリートと鉄筋の双方が受け持つ。
- (3) コンクリートの設計基準強度は配合強度よりも高く設定する。
- (4) 鉄筋コンクリートの破壊モードは曲げ破壊とせん断破壊に大別される。
- (5) 同一部材中であっても材料係数は鉄筋とコンクリートで異なってもよい。

問題5：以下について、それぞれ3行以内で答えよ。(10点)

- (1) コンクリート中における鉄筋の付着と定着の違いについて説明せよ。
- (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かぶりの関数とする意義について説明せよ。
- (3) ポストテンション方式のプレストレストコンクリートにおけるグラウトの役割を二つ挙げよ。
- (4) 鉄筋コンクリートの破壊モードとしてせん断破壊が好ましくない理由を説明せよ。
- (5) 震度法について説明せよ。