

「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。
- 携帯電話の計算機機能を使用してよいが、試験中は携帯電話内に保存したデータの閲覧、メールの送受信、インターネットの閲覧をしてはならない。

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。

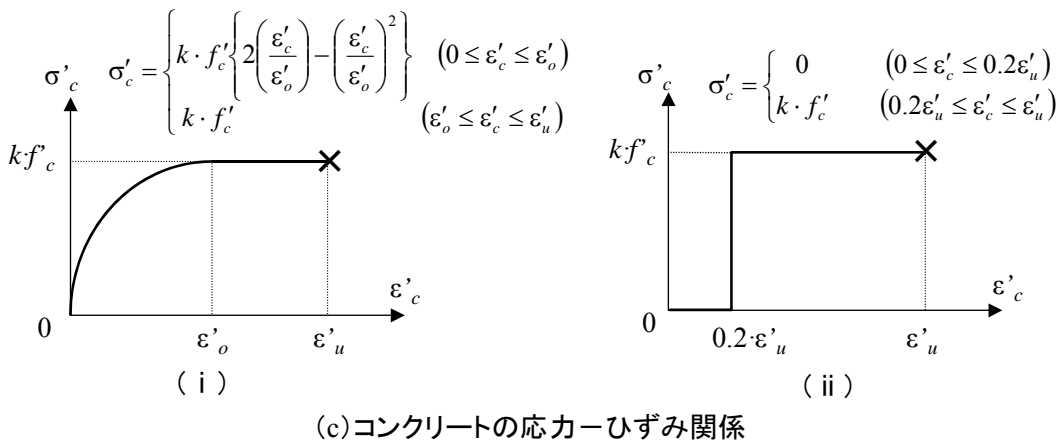
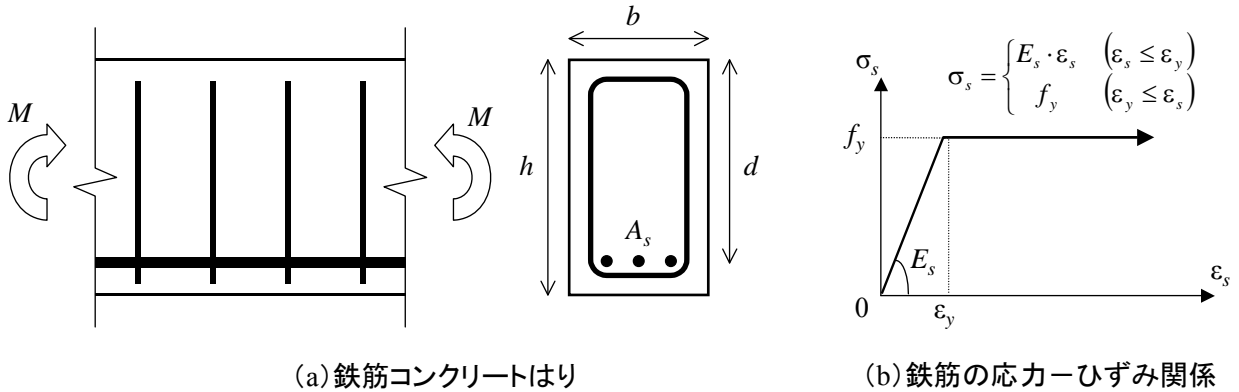


図 1 RC はりの断面および材料の応力-ひずみ関係

寸法		コンクリート		鉄筋	
b	250mm	圧縮強度 f'_c	45N/mm ²	弾性係数 E_s	2.1×10^5 N/mm ²
d	400mm	ひび割れ強度 f_b	6.0N/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	3.0×10^4 N/mm ²	降伏ひずみ ϵ_y	$=f_y/E_s$
鉄筋比 A_s	1800mm ²	圧縮破壊ひずみ ϵ'_u	3500×10^{-6}		
		ϵ'_o	2000×10^{-6}		
		k	0.85		

- (1) 鉄筋比を求めよ。
 - (2) 曲げひび割れ発生モーメント M_{cr} を求めよ。
 - (3) 曲げひび割れ発生直後の鉄筋の応力を求めよ。
 - (4) 鉄筋のひずみが 500×10^{-6} になるときの作用曲げモーメントを求めよ。
 - (5) 作用曲げモーメントが 100kN・m である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.

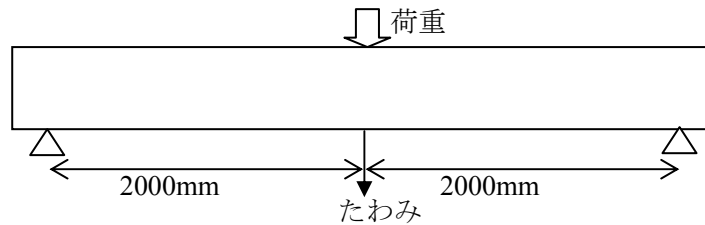
$$k_2 = \frac{15}{f'_c + 20} + 0.7 \text{ としてよい}$$

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. 200mm 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 43mm としてよい.
- (6) 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.
- (7) この断面をもつ鉄筋コンクリートはりを下図のように載荷するとき, 降伏時の中央のたわみを求めよ. ただし, はり全長にわたってひび割れ断面とみなしてよい.



- (8) 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.

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

- (9) 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.
- (10) 題意のはりを, 鉄筋コンクリートではなく, プレストレストコンクリートにすることを検討する. 緊張材は軸方向鉄筋の位置に設置するものとする. 曲げひび割れ発生モーメントを(2)で求めた曲げモーメントの2倍にするためには, プレストレス力をどれだけ導入すればよいか.

問題2: 下図の鉄筋コンクリートはりが所要の安全性を満足するように軸方向鉄筋量 A_s を決定したい. A_s を適当に設定し, 要求性能①②③④を満足することを確認せよ.

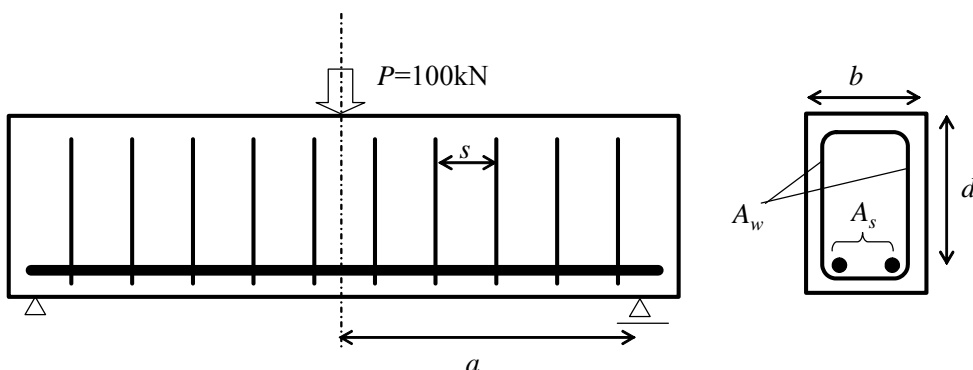


図 鉄筋コンクリートはり

寸法など

$a=1000$ mm
 $b=200$ mm
 $d=400$ mm
 $s=80$ mm
 A_s : 軸方向鉄筋の断面積 (合計値)
 A_w : 150mm^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 $f'_c=30$ N/mm²
 鉄筋の降伏強度 $f_y=400$ N/mm²
 (主鉄筋とせん断補強鉄筋共通)

作用荷重

$P=100$ kN
 自重は考慮しなくてよい

要求性能 :

- ① 作用荷重のもとで曲げ破壊しない。
- ② 作用荷重のもとでせん断破壊しない。
- ③ 計算上のせん断耐力が計算上の曲げ耐力の2倍以上ある。
- ④ 過大な荷重が作用し破壊する際の破壊モードは、曲げ引張破壊モードとなる。

本問題では必要に応じて以下の算定式を用いてよい。

【つりあい鉄筋比】

$$p_b = 0.44 \frac{f'_c}{f_y}$$

【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)

$$M_u = pbd^2 f_y \left(1 - 0.6p \frac{f_y}{f'_c} \right) \quad (\text{ただし } p \text{ は軸方向鉄筋比})$$

【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

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

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

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

$$\beta_p = \sqrt[3]{100p} \quad (p \text{ は軸方向鉄筋比})$$

$$\beta_n = 1.0 \text{ としてよい}$$

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

問題3 : 以下について、それぞれ3行以内で説明せよ。

- (1) 正負交番載荷試験
- (2) 鉄筋の定着
- (3) Tension Stiffening 効果
- (4) 有効プレストレス
- (5) 等価応力ブロック

問題4 : 以下の文の内容が正しい場合には○を、誤りを含む場合には×を、解答用紙に記入せよ。

- (1) コンクリートの材料係数は、鉄筋の材料係数よりも小さい値を用いる。
- (2) 部材係数は同一部材であっても曲げ耐力とせん断耐力とで異なってよい。
- (3) 材料の設計強度とは設計基準強度に材料係数を乗じた値である。
- (4) プレテンションプレストレストコンクリートはグラウトが必要ない。
- (5) プレストレストコンクリートには高強度コンクリートが用いられる。