

「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。

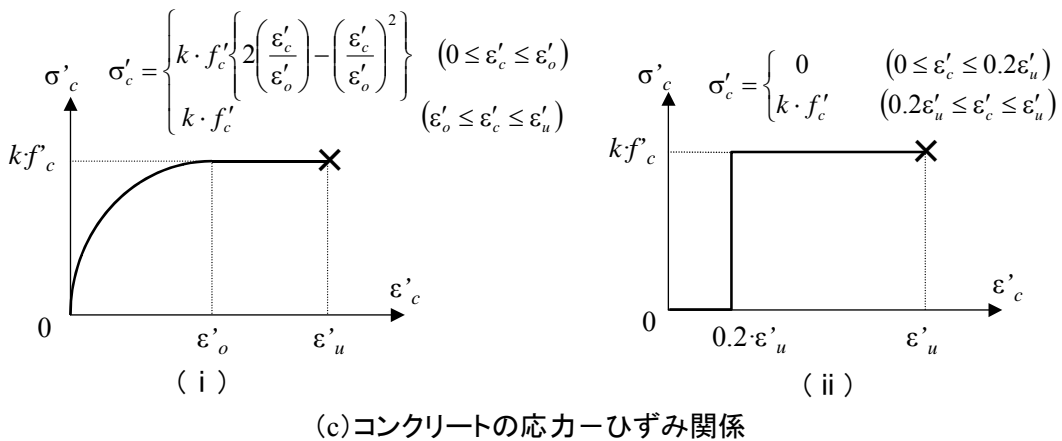
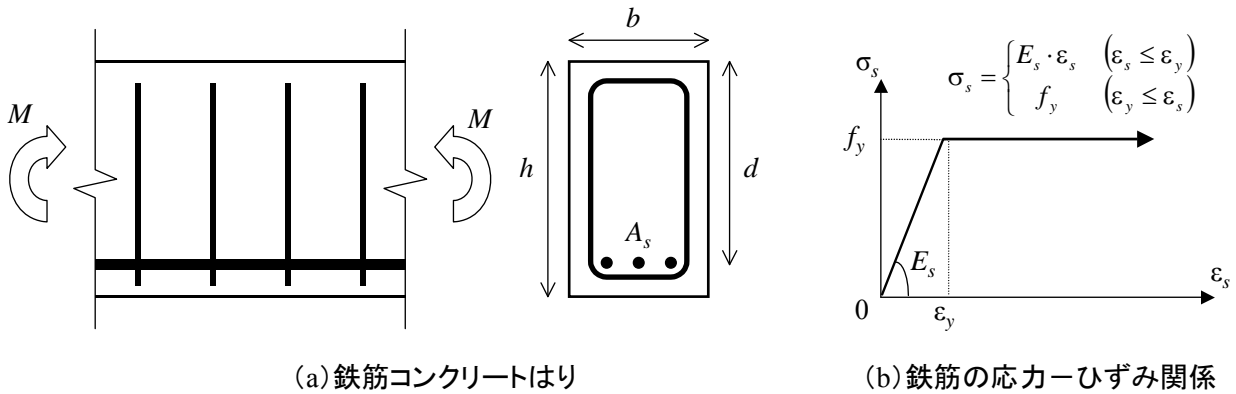


図 1 RC はりの断面および材料の応力-ひずみ関係

寸法		コンクリート		鉄筋	
$b$	400mm	圧縮強度 $f'_c$	35N/mm <sup>2</sup>	弾性係数 $E_s$	$2.1 \times 10^5$ N/mm <sup>2</sup>
$d$	750mm	ひび割れ強度 $f_b$	5.0N/mm <sup>2</sup>	降伏強度 $f_y$	400 N/mm <sup>2</sup>
$h$	800mm	弾性体として扱う場合の弾性係数 $E_c$	$2.5 \times 10^4$ N/mm <sup>2</sup>	降伏ひずみ $\epsilon_y$	$=f_y/E_s$
鉄筋比 $A_s/(bd)$	自分で定める	圧縮破壊ひずみ $\epsilon'_u$	$3500 \times 10^{-6}$		
		$\epsilon'_o$	$2000 \times 10^{-6}$		
		$k$	0.85		

- まず、軸方向鉄筋が配置されていない場合の曲げひび割れ発生モーメント  $M_{cr}$  を求めよ。
- 題意のほりに下記の(ア)(イ)を満たすように軸方向鉄筋を配置したい。
  - 曲げひび割れ発生荷重を越える荷重が作用した場合にはひび割れ発生直後に鉄筋が降伏することなく鉄筋が引張力を受け持つ
  - 過大な荷重が作用した場合には、コンクリートの圧縮破壊に先行して軸方向引張鉄筋が降伏する
 鉄筋比を自分で任意に設定し、その鉄筋比で実現される鉄筋コンクリートはりが上記の(ア)(イ)を満たすことを示せ。
- 鉄筋比が(2)で設定した値である鉄筋コンクリートはりにおいて、鉄筋の応力が 200N/mm<sup>2</sup> であるときの曲げひび割れ幅を求めよ。曲げひび割れ幅は次式で算定してよい。

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

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。

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

(4) 鉄筋比が(2)で設定した値である鉄筋コンクリートはりにおいて、引張鉄筋が降伏するときのモーメント  $M_y$  を求めよ。

(5) 鉄筋比が(2)で設定した値である鉄筋コンクリートはりにおいて、コンクリートの圧縮応力-ひずみ関係に図の(i)を用いた場合の、はりの曲げ耐力  $M_u$  を計算せよ。なお、以下を用いてよい。

・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。

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

・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。

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

(6) 鉄筋比が(2)で設定した値である鉄筋コンクリートはりにおいて、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。

(7) 題意のほりを、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(1)で求めた  $M_{cr}$  の3倍とするためには、プレストレス力をどれだけ導入すればよいか。

問題2：下図の集中荷重を受ける鉄筋コンクリート単純梁の耐荷性状について、以下の設問に答えよ。

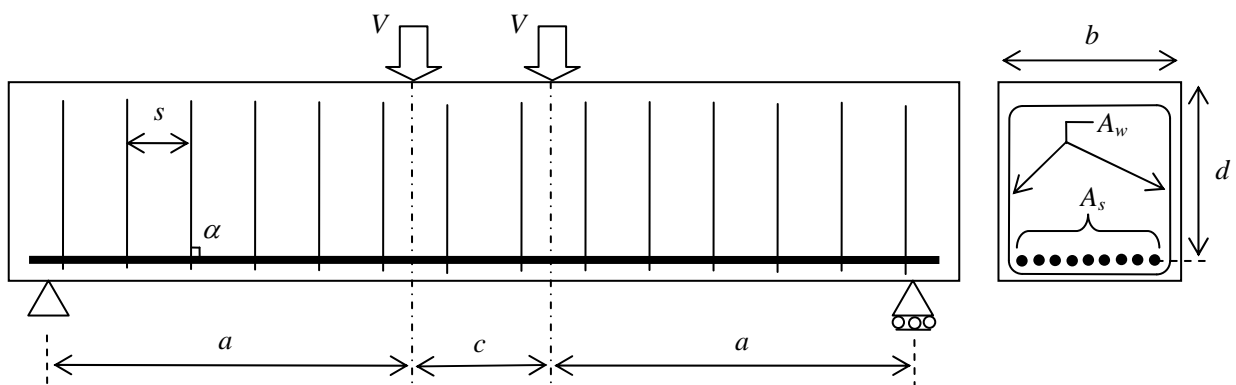


図 鉄筋コンクリート単純梁

寸法など： $a=8,000\text{mm}$ $c=2,000\text{mm}$ $b=2,000\text{mm}$ $d=2,500\text{mm}$ $s=200\text{mm}$ $\alpha=90^\circ$ $A_s=80,000\text{mm}^2$ (軸方向鉄筋の合計断面積) $A_w=400\text{mm}^2$ (一組のせん断補強鉄筋の断面積)	鉄筋の性質： $f_y=350\text{N/mm}^2$ (降伏強度) $E_s=2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ (弾性係数) 応力-ひずみ関係は問題1(b)と同じ 鉄筋の性質は軸方向鉄筋、せん断補強鉄筋共通	コンクリートの性質： $f'_c=30 \text{ N/mm}^2$ (圧縮強度) $E_c=2.5 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ (弾性係数) 応力-ひずみ関係は問題1(c)(i)(ii)を必要に応じて仮定してよい
--	---	---

棒部材のせん断耐力は以下の式で求めてよい。

$$V_u = V_c + V_s$$

ここに、 $V_c$ ：コンクリートが受け持つせん断耐力（=せん断ひび割れ発生時のせん断力）

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

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

$$\beta_d = \sqrt[4]{1000/d} \quad (d \text{ の単位は } \text{mm})$$

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

$$\beta_n = 1.0 \text{ としてよい}$$

$V_s$ ：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

- (1) 曲げひび割れはどのように発生すると考えられるか。解答用紙に図を描け。
- (2) せん断ひび割れが発生するとしたらどのように発生すると考えられるか。解答用紙に図を描け。
- (3) 軸方向鉄筋が降伏する際の荷重  $P(=2 \times V)$  を求めよ。なお、せん断破壊は生じないと仮定し、自重を無視してよい。
- (4) せん断ひび割れが発生する際の荷重  $P$  を求めよ。なお、軸方向鉄筋は降伏しないと仮定する。
- (5) せん断破壊が生じる際の荷重  $P$  を求めよ。なお、軸方向鉄筋は降伏しないと仮定する。
- (6) この単純梁に過大な荷重が作用した際に、実際に起こると考えられる破壊モードを説明せよ。

**問題3**：鉄筋コンクリート構造の耐震設計について、以下の点について簡単に説明せよ。（各3行以内を目安とする）

- (1) 構造特性と外力
- (2) 急激な破壊を防ぐ方法
- (3) 変形能力の必要性

**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) プレストレストコンクリート桁では、終局荷重時において曲げひび割れを発生させない設計が可能である。
- (2) プレストレストコンクリートに用いるPC鋼材は、一般の鉄筋に比べて明確な降伏点を示さない。
- (3) 鉄筋コンクリートの曲げひび割れ幅は、鋼材腐食抑制の観点からだけでなく、表面美観の観点から制限値が設定されることがある。
- (4) 橋梁の上部工（橋桁）の上面にも、引張力が作用することがある。
- (5) コンクリートの設計基準強度とは、コンクリートの配合強度のことである。
- (6) 曲げひび割れ幅算定において、コンクリートの弾性変形を無視することは、ひび割れ幅を小さく見積もることになる。
- (7) 構造物中の材料特性の経時変化は、構造物係数により考慮する。
- (8) 耐力算定法の精度は構造解析係数により考慮する。
- (9) 部材係数は、同じ部材であっても曲げ耐力の算定とせん断耐力の算定時では異なってよい。
- (10) コンクリート標準示方書では、ひび割れ幅が限界値以下であることがコンクリート中の鋼材腐食が生じないための必要条件のひとつとされている。