

2011年度版「コンクリート構造の力学」試験問題の解答

- 有効数字は通常2桁か3桁である。答えを3桁で求めるためには、途中の計算は4桁以上で行わなければならない。

問題1：RCはりの曲げ【35点】

(1) 曲げひび割れ発生モーメント

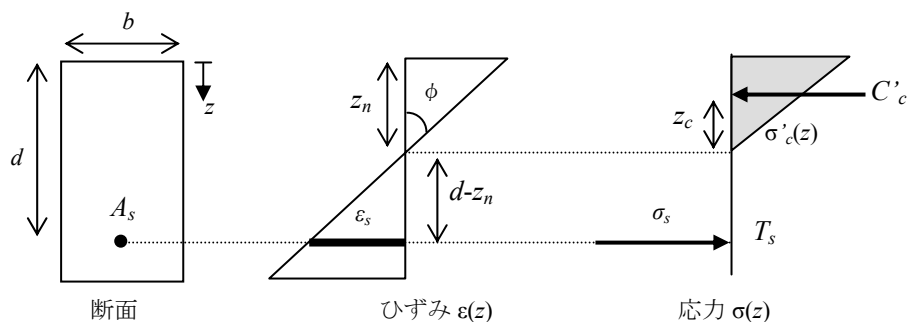
$$M_{cr} = \frac{f_b I}{h/2} = \dots = 213.3 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

213kN・m 答 (配点5点)

(2) 鉄筋比を設定し、その時の部材の特性を確認する問題 ((2) 全体の配点5点)

鉄筋比を1.2%に設定する。(配点1点)

(ア) 曲げひび割れ発生直後に鉄筋が降伏しないと仮定する。曲げひび割れ発生後～鉄筋降伏前の、断面のひずみ、応力の状態は以下のように表す。

中立軸の位置 z_n は

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = p d n \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{n p}} \right) = \dots = 269.5 \text{ mm}$$

この状態で作用曲げモーメントが(1)で求めた M_{cr} であるときの鉄筋応力は

$$\sigma_s = \frac{M_{cr}}{A_s (d - z_n / 3)} = \dots = 89.75 \text{ N/mm}^2$$

となりたしかに降伏していない。よって、本問題のはりは曲げひび割れ発生直後に鉄筋が降伏することなく引張力を受け持つとした仮定は正しい。(配点2点)

(イ) 鉄筋降伏時のコンクリートの圧縮縁のひずみは

$$\varepsilon_c = \varepsilon_y \frac{z_n}{d - z_n} = 1068 \times 10^{-6}$$

となり圧縮破壊していない。よってコンクリートの圧縮破壊より鉄筋の降伏が先行する。(配点2点)

【別法】

曲げ引張破壊モードを仮定し、(ii)の等価応力ブロックを用いて終局時の鉄筋ひずみを求める。

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.68 f'_c b} = 151.2 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon'_u \frac{d - z_n}{z_n} = 13861 \times 10^{-6}$$

となり明らかに降伏している。よって、破壊モードを曲げ引張破壊(コンクリートの圧縮破壊より鉄筋の降伏が先行)とした仮定は正しい。

(3) 鉄筋応力が与えられたときの曲げひび割れ幅

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

$$= 1.1 \times 1.0 \times \left(\frac{15}{35 + 20} + 0.7 \right) \times 1.0 \times 200 \times \left(\frac{200}{2.1 \times 10^5} + 150 \times 10^{-6} \right) = 0.236$$

0.24mm 答 (配点 5 点)

(4) 鉄筋降伏モーメント (答えの数値は設定した鉄筋比により異なる)

$$M_y = C'_c \cdot z_c + T_s \cdot (d - z_n) = T_s \cdot (d - z_n + z_c) = A_s f_y \cdot \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = 950.6 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

951kN・m 答 (配点 5 点)

(5) 曲げ耐力 (応力-ひずみ関係が (i)) (答えの数値は設定した鉄筋比により異なる)

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.688 f'_c b} = \dots = 149.5 \text{ mm}$$

$$M_u = 0.688 f'_c b z_n \cdot 0.584 z_n + A_s f_y \cdot (d - z_n) = \dots = 990.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

990kN・m 答 (配点 5 点)

(6) 曲げ耐力 (応力-ひずみ関係が (ii)) (答えの数値は設定した鉄筋比により異なる)

コンクリートの応力ひずみ関係が (ii) であることを考慮して、中立軸の位置 z_n は

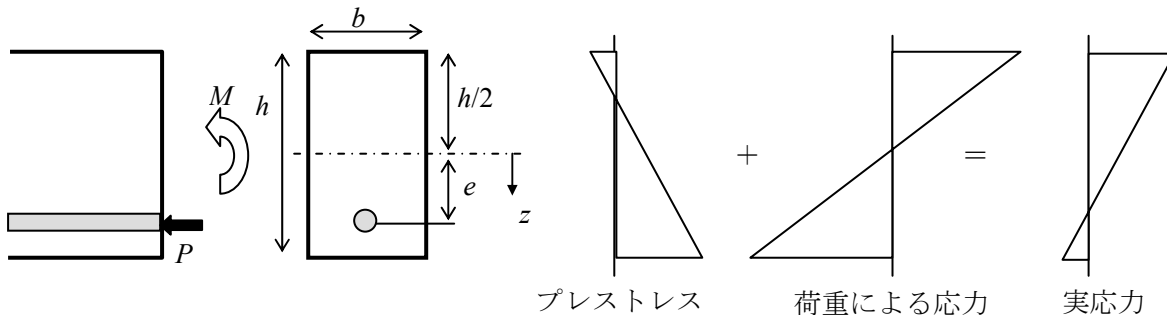
$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.68 f'_c b} = 151.2 \text{ mm}$$

曲げ耐力は、

$$M_u = A_s f_y (d - 0.4 z_n) = 992.9 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

993kN・m 答 (配点 5 点)

(7) プレストレストコンクリートの曲げひび割れ発生荷重



下縁の応力が $-f_b$ になるとき

$$\sigma' \left(\frac{h}{2} \right) = \left(\frac{P}{bh} + \frac{Pe}{I} \frac{h}{2} \right) - \frac{M}{I} \frac{h}{2} = -f_b$$

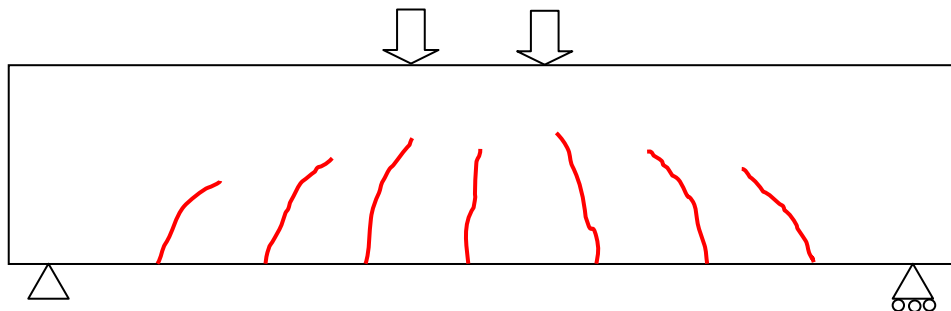
このときの M が (1) で求めた M_{cr} の 3 倍であるという条件から、

$$P = \frac{\frac{3M_{cr}}{I} \frac{h}{2} - f_b}{\frac{1}{bh} + \frac{eh}{2I}} = 882.7 \text{ kN}$$

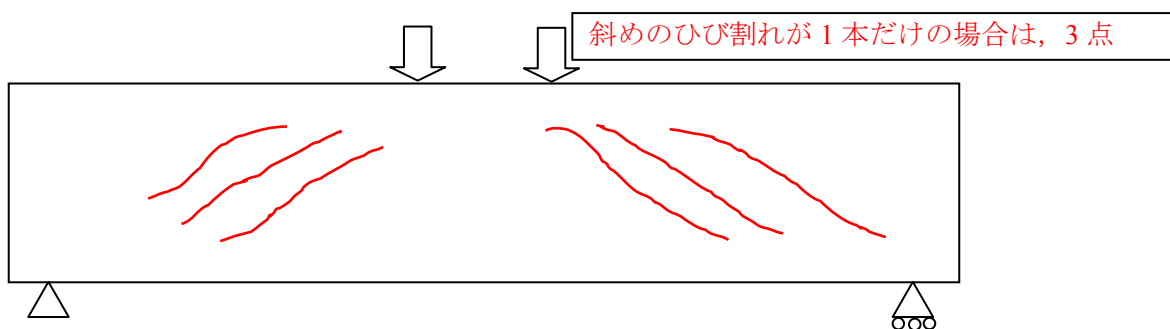
883kN 答 (配点 5 点)

問題 2 : RC 片持ち梁の曲げ降伏荷重とせん断耐力 【30 点】

(1) 曲げひび割れの図 (配点 5 点)



(2) せん断ひび割れの図 (配点 5 点)



(3) 曲げ降伏荷重

圧縮縁 (下縁) から中立軸までの距離 z_n は,

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = p d n \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2}{n p}} \right) = \dots = 984.8 \text{ mm}$$

鉄筋降伏モーメントは,

$$M_y = C'_c \cdot z_c + T_s \cdot (d - z_n) = T_s \cdot (d - z_n + z_c) = A_s f_y \cdot \left(d - \frac{z_n}{3} \right) = 6.08 \times 10^{10} \text{ N} \cdot \text{mm} = 60800 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

降伏は曲げモーメントが最大である左端で生じるから, 降伏荷重は,

$$P_y = 2 \times \frac{M_y}{a} = 1.53 \times 10^7 \text{ N} = 15,300 \text{ kN}$$

$1.53 \times 10^4 \text{ kN}$ **答** (配点 5 点)
 $(7.7 \times 10^6 \text{ N} (7700 \text{ kN}))$ は△とする. 3 点

(4) せん断ひび割れ発生荷重

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) :

$$V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} b d = 0.795 \times 1.17 \times 1.0 \times 0.621 \times 2000 \times 2500 = 2.89 \times 10^6 \text{ N} = 2,890 \text{ kN}$$

$$P_{vc} = 2 \times V_c = 5.78 \times 10^6 \text{ N} (5780 \text{ kN})$$

$5.78 \times 10^3 \text{ kN}$ **答** (配点 5 点)
 $(2.89 \times 10^6 \text{ N} (2890 \text{ kN}))$ は△とする. 3 点

(5) せん断耐力

コンクリートが受け持つせん断耐力 :

$$V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} b d = 0.795 \times 1.17 \times 1.0 \times 0.621 \times 2000 \times 2500 = 2.89 \times 10^6 \text{ N} = 2,890 \text{ kN}$$

せん断補強鉄筋が受け持つせん断耐力：

$$V_s = A_w f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) \frac{z}{s} = 400 \times 350 \times (1+0) \frac{2500/1.15}{200} = 1.52 \times 10^6 \text{ kN} = 1,520 \text{ kN}$$

せん断耐力： $V_u = V_c + V_s = 4,410 \text{ kN}$

$$P_{vu} = 2 \times (V_c + V_s) = 8.82 \times 10^6 \text{ N} = 8,820 \text{ kN}$$

$8.82 \times 10^3 \text{ kN}$ **答** (配点 5 点)

($4.41 \times 10^6 \text{ N}$ (4410kN)は△とする. 3 点)

(6) 破壊モードの判定

「せん断ひび割れ発生荷重」 < 「せん断破壊荷重」 < 「曲げ降伏荷重」であるので、曲げ降伏が生じる前に、せん断ひび割れが発生し、その後、せん断破壊に至る。

ゆえに、破壊モードは「せん断破壊」となる。

(配点 5 点)

問題 3：記述問題 【15 点】 (各 5 点) 部分点あり

(1) 構造特性と外力

「同一地震動を受けても、構造物の固有周期によって入力される外力が異なってくる。」というようなことが記述されていればよい。

(2) 急激な破壊を防ぐ方法

「せん断補強筋を十分配置し、さらに、コンクリートの圧壊・剥落を防ぐための拘束手段（スパイラル筋、鋼板巻き、FRP 材の巻き付け等）を講じる。」というようなことが、何か一つでも記述されていればよい。

(3) 変形能力の必要性

「部材に十分な変形能力があると、応力集中を防ぎ、構造物全体で外力に抵抗でき、かつ、履歴減衰も大きくなるため、高い耐震性能が確保できる。」というようなことが、何か一つでも記述されていればよい。

問題 4：正誤問題 【20 点】 (各 2 点)

- (1) ×
- (2) ○
- (3) ○
- (4) ○
- (5) ×
- (6) ×
- (7) ×
- (8) ×
- (9) ○
- (10) ○