

「鉄筋コンクリート構造」期末試験（2000年12月22日実施）の解答と解説

1. 鉄筋コンクリートはりの曲げの問題

(1) 鉄筋比 $p = \frac{A_s}{bd} = \frac{3\pi(\phi/2)^2}{bd} = \frac{2890}{160000} = 0.0181$ **答：1.8%**

【解説】鉄筋の断面積 A_s は直接与えていないが，鉄筋径と鉄筋の本数から計算できる．

(2) 曲げひび割れ発生前は，鉄筋を無視し，コンクリートが全断面有効の弾性はりと考えてよい．下縁の応力がコンクリートの曲げ引張強度に達する条件から，

$$M_{cr} = \frac{f_b I}{h/2} = \frac{f_b \cdot bh^3/12}{h/2} = 9.166 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad \text{答：91.7 kN} \cdot \text{m}$$

【解説】説明不要．お約束問題

(3) 純かぶり $c = h - d - \phi/2 = 82.5$ **答：82.5 mm**

【解説】「純かぶり」の意味は，字面と図から想像できる．

(4 - 1) $M > 91.7 \text{ kN} \cdot \text{m}$ であるので曲げひび割れ発生後である．鉄筋が降伏していないと仮定すると，

$$\text{上縁から中立軸までの距離は， } z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = 158.9 \text{ mm}$$

$$\text{鉄筋の応力は， } \sigma_s = \frac{M}{A_s (d - z_n/3)} = 249.3 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_s < f_y$ であるのでたしかに降伏していない． **答：249 N/mm²**

【解説】曲げひび割れ発生後，鉄筋降伏前の鉄筋コンクリートの曲げ挙動の計算です．理論を理解して，柔軟に使いこなせるように．

(4 - 2) ひび割れ幅

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

$$= 1.0 \times \{ 4 \times 82.5 + 0.7 \times (100 - 35) \} \left(\frac{249.3}{2.1 \times 10^5} + 150 \times 10^{-6} \right) = 0.502 \text{ mm}$$

答：0.5 mm

【解説】与えられたひび割れ幅算定式に諸数値を代入すればよいだけです．本問題では ϕ は鉄筋径を表しています．曲率ではありません．(4 - 1) で求めた鉄筋応力が間違っていた人は，ひび割れ幅の値も間違いますが，算定式の使い方が正しく，かつ求めたひび割れ幅が常識的な値の範囲であれば，部分点を与えました．

(5) 破壊モードが曲げ引張破壊であると仮定すると，

$$\text{上縁から中立軸までの距離は } z_n = \frac{A_s f_y}{0.68 f'_c b} = 106.25 \text{ mm}$$

$$\text{曲げ耐力 } M_u = A_s f_y (d - 0.4z_n) = 4.133 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

このとき鉄筋ひずみは $\varepsilon_s = \varepsilon_u' \frac{d - z_n}{z_n} = 9670 \times 10^{-6} > \varepsilon_y \left(= \frac{f_y}{E_s} = 1900 \times 10^{-6} \right)$ であり、たしかに

降伏しているので、曲げ引張破壊である。

答：413 kN・m

【解説】これもお約束問題です。式を丸覚えするのではなく、理論をしっかりと理解してください。

2. プレストレストコンクリート

導入するプレストレス力を Q とすると、プレストレスと作用荷重による断面内の応力分布は以下のように表される。(z 軸の原点を断面図心軸上にとり、圧縮を正とする。)

$$\sigma'(z) = \left(\frac{Q}{A} + \frac{Qe}{I} z \right) - \frac{PL/2}{I} z \quad \left(\text{ここに } A = bh, I = \frac{bh^3}{12}, e \text{ は偏心量} \right)$$

(1) 下縁 ($z=h/2$) において $\sigma'(z) > f_b$ であるための条件を求めると、 $Q > 265 \text{ kN}$ となる。

答：265 kN

(2) 下縁 ($z=h/2$) において $\sigma'(z) > 0$ であるための条件を求めると、 $Q > 625 \text{ kN}$ となる。

答：625 kN

【解説】この種の問題は、頭の中で現象をシミュレーションする物理イメージが大切です。あとは符号に気をつけて。

3. 正誤問題

(1) 「鉄筋が破断する」 「鉄筋が降伏した後にコンクリートが圧縮破壊する」

【解説】「鉄筋が降伏する」だけでも点を与えた。

(2) 「曲げ破壊とせん断破壊」 「鉄筋の降伏とコンクリートの圧縮破壊」

(3) 「せん断破壊が曲げ破壊に先行して起こるように」 「曲げ破壊がせん断破壊に先行して起こるように」あるいは「せん断破壊が生じないように」

(4) 「生じるひび割れ幅が小さくなるので」 「外部から飛来する腐食促進物質が鉄筋に到達しにくくなるので」

【解説】「生じるひび割れ幅が大きくなるので」という解答が多く見受けられた。部分点は与えたが、この解答では後続の文「コンクリート中の鋼材の腐食に対して高い抵抗性が確保できる」と整合しない。問題 1 の (4 - 2) の算定式に明らかのように、かぶりが大きいとひび割れ幅が大きくなるのは正しいが、鋼材を腐食から守る性能が高くなるのも事実であり、むしろ後者の方が重要である。その理由は、塩分などの腐食促進物質が鉄筋に到達するまでに移動しなければならない距離が大きくなるからである。

(5)

【解説】現実には、ひび割れとひび割れの間のコンクリートが付着により引張応力を受け持つので、これを無視した計算値よりも鉄筋応力は小さい。

(6) 「ひずみ軟化」 「ひずみ硬化」

(7)

(8)

【解説】字面に惑わされないように。「部材係数」は主として耐力算定法の計算上の不確実性を補償する安全係数である。曲げ耐力とせん断耐力では耐力算定法が異なるので、異なる値の部材係数を用いる。

(9) 「異形鉄筋」 「普通丸鋼」, 「普通丸鋼」 「異形鉄筋」

(10) 「ひび割れ幅は大きい」 「ひび割れ幅は小さい」あるいは「ひび割れ間隔が小さいほど」 「ひび割れ間隔が大きいほど」