

「鉄筋コンクリート構造」期末試験（2001年12月21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) 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，曲げひび割れ発生モーメントを求めると，

$$M_{cr} = \frac{f_b I}{h/2} = \frac{f_b \cdot bh^3/12}{h/2} = 8.1 \times 10^7 \text{ N} \cdot \text{mm} = 81 \text{ kN} \cdot \text{m} , M > M_{cr} \text{ なので曲げひび割れが発生している .}$$

(2) 主鉄筋の断面積は $A_s = 3 \left(\frac{\pi}{4} \right)^2 = 2413 \text{ mm}^2$
鉄筋が降伏していないと仮定すると，上縁から中立軸までの距離は，

$$z_n = \frac{A_s E_s}{b E_c} \left(-1 + \sqrt{1 + 2 \frac{b d E_c}{A_s E_s}} \right) = 132.3 \text{ mm}$$

$$\text{鉄筋の応力は, } \sigma_s = \frac{M}{A_s (d - z_n/3)} = 162.3 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_s < f_y$ であるのでたしかに降伏していない．

答：162 N/mm²

(3) 純かぶり $c = h - d - \frac{h}{2} = 84 \text{ mm}$ ，ひび割れ幅は，

$$w = k \left\{ 4c + 0.7(c_s - \phi) \right\} \left(\frac{\sigma_s}{E_s} + \epsilon'_{csd} \right) \\ = 1.0 \times \left\{ 4 \times 84 + 0.7 \times (100 - 32) \right\} \left(\frac{162.3}{2.0 \times 10^5} + 150 \times 10^{-6} \right) = 0.369 \text{ mm}$$

許容ひび割れ幅は $w_a = 0.005c = 0.42 \text{ mm}$ ，よって $w < w_a$ であることが確認できる．

(4) 破壊モードが曲げ引張破壊であると仮定すると，上縁から中立軸までの距離は，

$$z_n = \frac{A_s f_y}{0.68 f'_c b} = 78.86 \text{ mm} , \text{ 曲げ耐力 } M_u = A_s f_y (d - 0.4 z_n) = 3.074 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

このとき鉄筋ひずみは $\epsilon_s = \epsilon'_u \frac{d - z_n}{z_n} = 12000 \times 10^{-6} > \epsilon_y \left(= \frac{f_y}{E_s} = 2000 \times 10^{-6} \right)$ であり，たしかに降伏しているため，曲げ引張破壊である．

答：307 kN・m

$$(5) V_c = \beta_d \beta_p \beta_n f_{vc} b d = \sqrt[3]{1/0.35} \cdot \sqrt[3]{100 \frac{2413}{400 \cdot 350}} \cdot 1.0 \cdot 0.20 \cdot \sqrt[3]{45} \cdot 400 \cdot 350 = 155.0 \text{ kN}$$

$$V_s = A_w f_y (\sin \alpha + \cos \alpha) \frac{z}{s} = 250 \cdot 400 \cdot (1 + 0) \frac{350/1.15}{200} = 152.2 \text{ kN}$$

$$V_u = V_c + V_s = 307.2 \text{ kN}$$

答：307 kN

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モーメント M 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。)

$$\sigma'(z) = \left(\frac{Q}{A} + \frac{Qe}{I} z \right) - \frac{M}{I} z \quad \left(\text{ここに } A = bh, I = \frac{bh^3}{12}, e = d - \frac{h}{2} \right)$$

下縁 ($z=h/2$) においてコンクリートの応力が曲げ引張強度と等しくなる ($\sigma'(h/2) = -f_b$) とおいて、曲げひび割れ発生モーメントを求めると、

$$-f_b = \left(\frac{Q}{bh} + \frac{Q(d-h/2)h}{bh^3/12} \right) - \frac{M_{cr}h}{bh^3/12}, \quad M_{cr} = 43.3 \text{ kN}\cdot\text{m}, \quad \text{曲げひび割れの発生を防ぐには } M < M_{cr}$$

となるように作用曲げモーメントを制限すればよい。

答：43.3 kN・m

3. 記述問題

(1) つりあい鉄筋比とは、引張主鉄筋の降伏と圧縮側コンクリートの圧縮破壊が同時に起こるように設計された鉄筋コンクリート部材の鉄筋比のことである。鉄筋比がつりあい鉄筋比以上であると、コンクリートの圧縮破壊が先行して生じ、鉄筋比がつりあい鉄筋比以下であると、鉄筋の降伏が先行して生じる。つりあい鉄筋比は、鉄筋コンクリート部材の曲げ破壊モードを判定する際の指標となる。

(2) 曲げひび割れが発生しないように鉄筋コンクリート構造物を設計することは、経済的ではない。また、曲げひび割れが生じてても、荷重作用に対する構造物の安全性は、直ちに損なわれるわけではない。ただし、内部鋼材の腐食を防ぎ構造物の耐久性を確保するためには、ひび割れ幅が過大とならないようにしなければならない。したがって、多くの鉄筋コンクリート構造物では、使用状態において曲げひび割れの発生を許し、ひび割れ幅を一定値以下に抑える方法が採られている。

(3) 鋼材は工場生産されるので、構造物中でも一定の品質が確保される。一方、コンクリートは、施工段階における打設や養生に伴い、構造物中の部位による品質のばらつきが生じることが避けられない。したがって、標準供試体における材料の品質と構造物中における材料の品質の差異を表す安全係数である材料係数は、一般にコンクリートの方が鋼材よりも大きな値を設定する。