

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO I / 2018.1
 Laje - GRUPO I - Armadura de Flexão

Unidades:

$$k = 10^3 \quad M = 10^6 \quad G = 10^9 \quad \text{MPa} = \text{M} \cdot \text{Pa} \quad \text{GPa} = \text{G} \cdot \text{Pa}$$

$$\text{kgf} = 10 \cdot \text{N} \quad \text{Pa} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad \text{tf} = \text{k} \cdot \text{kgf}$$

Seja uma laje com as seguintes características:

Geometria

bw=100cm; h=12cm; adotar d'=4cm

Materiais

Concreto C30, $\rho_{\min} = 0,15\%$

Aço CA-50

Dados

$$bw = 100\text{cm} \quad h = 12\text{cm} \quad dl = 4\text{cm} \quad d = h - dl \quad d = 8 \cdot \text{cm}$$

$$f_{ck} = 30\text{MPa} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1.4} \quad f_{cd} = 21.429 \cdot \text{MPa} \quad f_{cd} = 2.143 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$f_{yk} = 500\text{MPa} \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1.15} \quad f_{yd} = 434.783 \cdot \text{MPa} \quad f_{yd} = 43.478 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$E_s = 210\text{GPa} \quad E_s = 2.1 \times 10^5 \cdot \text{MPa} \quad \rho_{s_{\min}} = 0.15\%$$

$$\epsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} \quad \epsilon_{yd} = 2.07 \times 10^{-3}$$

Calcular a Armadura de Tração para uma flexão de

$$M_s = 5.46\text{kN} \cdot \text{m} \quad M_d = 1.4 \cdot M_s \quad M_d = 7.64 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

1. A seção é retangular, portanto b_w é constante na região comprimida, sendo assim:

$$\alpha_b = 1$$

2. Caracterização do Grupo do Concreto, bem como valores de λ e α_c

$$\text{Grupo} = \begin{cases} \text{"I"} & \text{if } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \\ \text{"II"} & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{Grupo} = \text{"I"}$$

$$\lambda = \begin{cases} 0.8 & \text{if } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \\ \left[0.8 - \left(\frac{\frac{f_{ck}}{1 \text{ MPa}} - 50}{400} \right) \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\lambda = 0.8$$

$$\alpha_c = \begin{cases} 0.85 & \text{if } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \\ \left[0.85 \cdot \left[1 - \left(\frac{\frac{f_{ck}}{1 \text{ MPa}} - 50}{200} \right) \right] \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\alpha_c = 0.85$$

3. Determinação da Posição da Linha Neutra (x), bem como o k_x correspondente:

$$x = \frac{d - \sqrt{d^2 - 2 \cdot \left(\frac{M_d}{\alpha_b \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot b_w} \right)}}{\lambda} \quad x = 0.679 \cdot \text{cm}$$

$$k_x = \frac{x}{d} \quad k_x = 0.085$$

4. Determinação de k_x nas Fronteiras 23 e 34

$$\epsilon_{cu} = \begin{cases} \left(\frac{3.5}{1000} \right) & \text{if } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \\ \left[\left(\frac{2.6}{1000} \right) + \left(\frac{35}{1000} \right) \cdot \left[\frac{90 - \left(\frac{f_{ck}}{1 \text{ MPa}} \right)}{100} \right]^4 \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\epsilon_{cu} = 3.5 \times 10^{-3}$$

$$k_{x_23} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \left(\frac{10}{1000} \right)} \quad k_{x_23} = 0.259$$

$$k_{x_34} = \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}} \quad k_{x_34} = 0.628$$

5. Identificação do Domínio em que a solicitação se encontra

$$\text{Domínio} = \begin{cases} \text{"2"} & \text{if } 0 \leq k_x \wedge k_x \leq k_{x_23} \\ \text{"3"} & \text{if } k_{x_23} < k_x \wedge k_x \leq k_{x_34} \\ \text{"4"} & \text{if } k_{x_34} < k_x \wedge k_x \leq 1.000 \end{cases}$$

$$\text{Domínio} = \text{"2"}$$

6. Tensão na Armadura Tracionada

$$f_{sd} = \begin{cases} f_{yd} & \text{if } \text{Domínio} = \text{"2"} \vee \text{Domínio} = \text{"3"} \\ \left[\left[E_s \cdot \left(\frac{1 - k_x}{k_x} \right) \cdot \epsilon_{cu} \right] \right] & \text{if } \text{Domínio} = \text{"4"} \end{cases}$$

$$f_{sd} = 43.478 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

7. Cálculo da Armadura de Tração

$$y = \lambda \cdot x \qquad y = 0.543 \cdot \text{cm}$$

$$z = d - \frac{y}{2} \qquad z = 7.728 \cdot \text{cm}$$

$$A_s = \frac{M_d}{f_{sd} \cdot z} \qquad A_s = 2.27 \cdot \text{cm}^2$$

8. Verificação

Armadura Mínima

$$A_{s_min} = \rho_{s_min} \cdot b_w \cdot h \qquad A_{s_min} = 1.8 \cdot \text{cm}^2$$

Armadura Máxima

$$A_{s_max} = 4\% \cdot b_w \cdot h \qquad A_{s_max} = 48 \cdot \text{cm}^2$$

$$A_{s_cal} = \begin{cases} A_{s_min} & \text{if } A_s < A_{s_min} \\ \text{"MAIOR QUE A MÁXIMA"} & \text{if } A_s > A_{s_max} \\ A_s & \text{if } A_{s_min} \leq A_s \leq A_{s_max} \end{cases}$$

$$A_{s_cal} = 2.27 \cdot \text{cm}^2$$