

EXERCÍCIO SOBRE TIRANTES

- 1) Dimensionar um tirante de betão armado para suportar os seguintes esforços (valores característicos:

$$N_{Gk} = 0$$

$$N_{Qk} = 460 \text{ kN } (\psi_1 = 0.7, \psi_2 = 0.4)$$

Considere C25/30 ($f_{ctm} = 2.6 \text{ MPa}$), A500 e recobrimento de todas as armaduras igual a 2.5cm. Na definição da secção de betão impor a condição de na combinação rara não ser excedido o f_{ctm} .

- 2) Redimensionar o tirante utilizando uma solução com pré-esforço, com aço A_p1870/1680 (cordões de 0.5", com 1cm² cada). Supor que na combinação frequente se atinge a condição de descompressão ($\sigma_c = 0$), e que na fase de esticamento (aos 28 dias) a tensão transmitida ao betão não excede $0.45 \times f_{ck}$. Considerar: na fase de esticamento $\sigma'_{po} = 1400 \text{ MPa}$, e a tempo infinito $\sigma_{p\infty} = 1100 \text{ MPa}$ (antes da aplicação de qualquer carga exterior); a diferença de 300 MPa no pré-esforço traduz as perdas imediatas (atrito dos cordões na bainha e reentrada das cunhas) e as perdas diferidas (relaxação do cabo de pré-esforço, fluência e retracção do betão).

Resolução:

1) - Dimensionamento de A_s

$$N_{sd} = 1.5 \times 460 = 690 \text{ kN}$$

$$A_s \geq \frac{690}{435 \times 10^3} = 15,86 \text{ cm}^2 \left\{ \begin{array}{l} 8 \phi 16 (16,08 \text{ cm}^2) \\ \boxed{14 \phi 12 (15,84 \text{ cm}^2)} \end{array} \right. \uparrow \text{solução escolhida}$$

- Condição para fixação de A_c

$$N_{ed} = 460 \text{ kN}$$

$$\alpha = \alpha_0 = \frac{200}{30,5} = 6,56$$

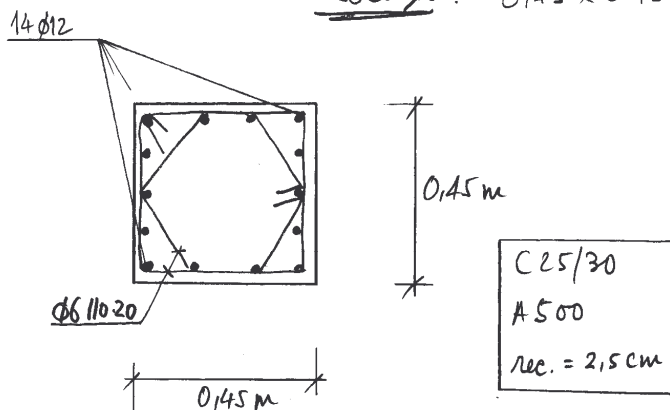
$$A_{ci} = A_c + (6,56 - 1) \times 15,84 \times 10^{-4} = A_c + 0,0088$$

$$\sigma_c^{(+)} = \frac{460}{A_{ci}} \leq f_{ctm} = 2600 \text{ kPa} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_{ci} \geq \frac{460}{2600} = 0,1769 \text{ m}^2 = A_c + 0,0088$$

$$A_c = 0,1769 - 0,0088 = 0,168 \text{ m}^2 \\ (0,41 \times 0,41 \text{ m}^2)$$

Solução: $0,45 \times 0,45 \text{ m}^2$ (Muito melhor !!)



2) - Descompressão na combinação frequente

$$N_{cf} = 0.7 \times 460 = 322 \text{ kN}$$

$$P_{\infty} = 1100 \text{ MPa} \times A_p$$

$$\sigma_c = - \frac{P_{\infty}}{\underbrace{A_c - A_p}_{A_{cn}}} + \frac{N_{cf}}{\underbrace{A_c + (\alpha - 1) A_p}_{A_{ci}}} = 0$$

Tomemos como 1ª aproximação $A_{cn} \approx A_{ci} \approx A_c$ (áreas pequenas de A_p permitem esta simplificação):

$$\sigma_c = - \frac{P_{\infty}}{A_c} + \frac{322}{A_c} = 0 \Rightarrow P_{\infty} \approx 322 \text{ kN}$$

Logo: $1100 \times 10^3 \times A_p = 322$

$$A_p = \frac{322}{1100 \times 10^3} = 2,93 \text{ cm}^2$$

Solução: 3 cordões de 0,5" (3 cm²)
diâmetro da bainha: 45 mm

- Fase de esticamento

$$P'_0 = 1400 \times 10^3 \times \underbrace{3 \times 10^{-4}}_{A_{p \text{ real}}} = 420 \text{ kN}$$

$$\sigma_{c0}^{(-)} = \frac{420}{A_c - \frac{\pi \times 0,045^2}{4}} \leq \underbrace{0,45 \times 25 \times 10^3}_{f_{ck}} = 11250 \text{ kPa}$$

$$A_c \geq 0,0389 \text{ m}^2$$

$$(0,197 \times 0,197 \text{ m}^2)$$

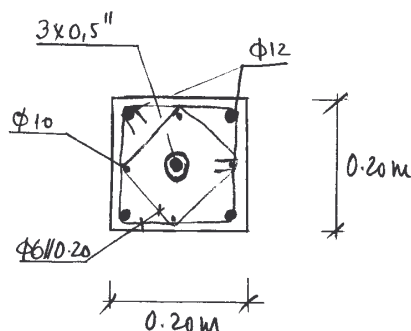
Solução: $0,20 \times 0,20 \text{ m}^2$ (muito menos betão que em 1))

- Estado limite último

$$N_{Rd} = \underbrace{3 \times 10^{-4}}_{A_p} \times \underbrace{\frac{0,9 \times 1870 \times 10^3}{1,15}}_{f_{pd}} + A_s \times \underbrace{435 \times 10^3}_{A_{stn}} \Rightarrow 690 \text{ kN}$$

$$A_s \geq 5,8 \text{ cm}^2$$

$$\boxed{4\phi 12 + 4\phi 10} \quad (7,66 \text{ cm}^2)$$



C25/30
 A_p 1870/1680
 A_{stn}
 $\eta_c = 2,5 \text{ cm}$

Comentários final: - homogeneizando todos as armaduras, agora já conhecidos, a seção fica comprimida, o que é do lado da segurança relativamente à condição de descompressão. Verificada:

$$\begin{aligned} \text{Nóro } P_{no} \\ \sigma_c = - \frac{\frac{1100 \times 10^3 \times 3 \times 10^{-4}}{0,20^2 - 3 \times 10^{-4}} + \frac{322}{0,20^2 + (15-1)(3 \times 10^{-4} + 7,66 \times 10^{-4})}}{A_c - A_p} = \\ = -2,45 \text{ MPa (compressão)} \end{aligned}$$

∴ Tivante ok.