1) A segurança no estado limite ultimo de uma viga de madeira serrada de 2ª categoria de Catiúba será verificada de acordo com a norma NBR 7190 para uma carga de média duração, Classe 3 de umidade. Calcule a tensão resistente de projeto de cisalhamento, f_{vd}. O local de construção tem umidade relativa do ambiente média igual a 70%.

$$f_d = k_{mod}\frac{f_k}{\gamma_w} \qquad k_{mod} = k_{mod1}.k_{mod2}.k_{mod3}$$

Solução

Carga de média duração $\Rightarrow k_{mod1} = 0,8$
Classe de umidade 3 $\Rightarrow k_{mod2} = 0,8$
2ª categoria $\Rightarrow k_{mod3} = 0,8$

$k_{mod} = 0,512$

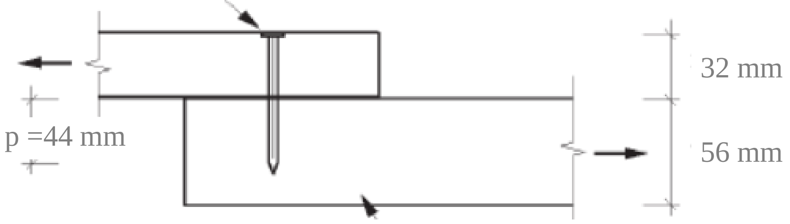
$f_{vm} = 11,1 \text{ MPa}$

$\frac{f_{vk}}{f_{vm}} = 0,54$

$$f_{vd} = k_{mod}\frac{f_{vk}}{\gamma_w} = 0,512 \times \frac{0,54 \times 11,1}{1,8}$$

$\therefore$ $\mathbf{f_{vd} = 1,70\ MPa}$

2) Qual é a resistência R_d ao corte do prego 18 × 33 (f_{yk}= 310 MPa) na ligação ilustrada de duas peças tracionadas de Maçaranduba de 2ª categoria, de acordo com a NBR 7190, para as seguintes condições: carga de longa duração e Classe 2 de umidade.



Solução

$p > 12d \Rightarrow 44\text{ mm} > 12 \times 3,4\text{ mm} = 40,8\text{ mm}$ **Ok**!

$k_{mod} = 0,7 \times 1,0 \times 0,8 = 0,56$

$$f_{ed} = f_{cd} = k_{mod}\frac{f_{ck}}{\gamma_w} = 0,56 \times \frac{0,70 \times 82,9}{1,4} = 23,21 \text{ MPa}$$

→Resistência de 1 prego em corte simples segundo a NBR 7190

$$\frac{t}{d} > 1,25\sqrt{\frac{f_{yd}}{f_{ed}}} \Rightarrow R_d = 0,5d^2\sqrt{f_{ed}\, f_{yd}}$$

$$\frac{t}{d} \le 1,25\sqrt{\frac{f_{yd}}{f_{ed}}} \Rightarrow R_d = 0,4 f_{ed}\, d\, t$$

$$\frac{t}{d} = \frac{32}{3,4} = 9,41 > 1,25\sqrt{\frac{f_{yd}}{f_{ed}}} = 1,25\sqrt{\frac{310/1,1}{23,21}} = 4,36$$

→para o mecanismo IV

$$\Rightarrow R_d = 0,5d^2\sqrt{f_{ed}\, f_{yd}} = 0,5 \times (3,4\text{ mm})^2\sqrt{\frac{310\ \frac{N}{mm^2}}{1,1} \times 23,21\frac{N}{mm^2}} = 467,486\text{ N}$$

$\therefore$ $\mathbf{R_d = 467\ N}$

3) Para uma obra em estrutura de madeira será utilizada uma espécie dicotiledônea da qual não se conhecem as propriedades mecânicas. Para isto foram realizados dez ensaios de flexão de amostras sem defeitos de um lote de madeira cujo grau de umidade médio é igual a 16%. Determinar os valores característicos das tensões resistentes de cálculo $\mathbf{f_{cd}}$ e $\mathbf{f_{td}}$ referidos à condição padrão de umidade.

Amostra i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f_{Mi}(MPa)	**47**	**44**	**43**	**44**	**43**	**47**	**44**	**47**	**44**	**47**

O local de construção tem umidade relativa do ar média igual a 80%. A madeira é serrada de 2ª categoria e deve ser verificada de acordo com a norma NBR 7190 para cargas de média duração.

Solução

→Média e desvio padrão da tensão normal de flexão

$$f_{Mm} = \frac{\sum f_{Mi}}{n} = \frac{450}{10} = 45 \text{ MPa}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (f_{Mm} - f_{Mi})^2}{n}} = \sqrt{\frac{28}{10}} = 1{,}673 \text{ MPa}$$

→Tensões normais características

$$f_{Mk} = f_{Mm} - 1{,}645\sigma = 45 - 1{,}645 \times 1{,}673 = 42{,}247 \text{ MPa}$$

$$f_{tk} = 1{,}0\, f_{Mk} = 1{,}0 \times 42{,}247 = 42{,}247 \text{ MPa}$$

$$f_{ck} = 0{,}77\, f_{Mk} = 0{,}77 \times 42{,}247 = 32{,}531 \text{ MPa}$$

→Resistências de projeto

$$k_{mod} = 0{,}8 \times 0{,}8 \times 0{,}8 = 0{,}512$$

$$f_{td} = k_{mod} \frac{f_{tk}}{\gamma_w} = 0{,}512 \times \frac{42{,}247}{1{,}8} = 12{,}017 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = k_{mod} \frac{f_{ck}}{\gamma_w} = 0{,}512 \times \frac{32{,}531}{1{,}4} = 11{,}897 \text{ MPa}$$

→Correção de umidade de 16% para 12%

$$f_{U12} = 1 + \frac{3(U - 12)}{100} = 1 + \frac{3(16 - 12)}{100} = 1{,}12$$

$$f_{td} = 1{,}12 \times 12{,}017$$

$$\therefore \mathbf{f_{td} = 13,4\ MPa}$$

$$f_{cd} = 1{,}12 \times 11{,}897$$

$$\therefore \mathbf{f_{cd} = 13,3\ MPa}$$

4) Para a madeira acima, calcule o diâmetro necessário, d, de uma coluna (fig. 1) que estará submetida a uma força de compressão de 479 kN (força já majorada). Resposta em centímetros inteiros.

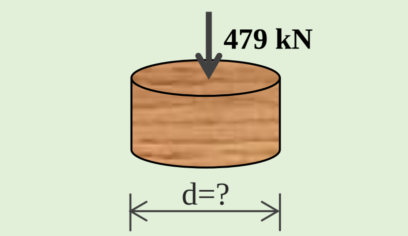


fig. 1

Solução

→Estado limite último em termos de tensões

$$\sigma_{Sd} \leq \sigma_{Rd}$$
$$\Rightarrow \frac{P}{A} \leq f_{cd}$$

→Onde:

P → força de compressão

$P = 479\ \text{kN}$

A→ área da seção transversal

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

d→ diâmetro da seção circular (disco)

f_{cd}→ tensão normal de compressão resistente de cálculo

$$f_{cd} = 13{,}3\ \text{MPa} = 1{,}33\ \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

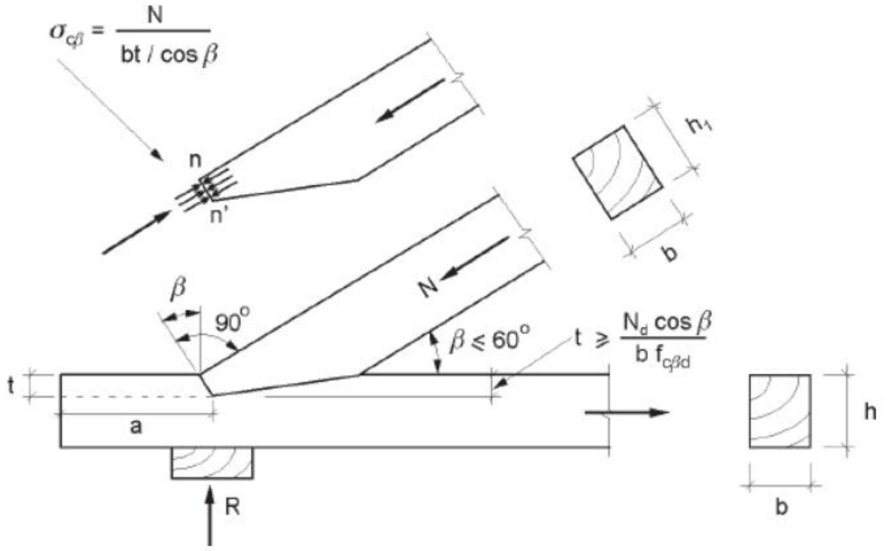
→Assim:

$$\Rightarrow \frac{P}{A} \leq f_{cd} \quad \Rightarrow \quad \frac{P}{f_{cd}} \leq A \quad \Rightarrow \quad A \geq \frac{P}{f_{cd}} \quad \Rightarrow \quad \frac{\pi d^2}{4} \geq \frac{P}{f_{cd}} \quad \Rightarrow \quad d^2 \geq \frac{P}{\frac{\pi}{4} f_{cd}} \quad \Rightarrow \quad d \geq \sqrt{\frac{P}{\frac{\pi}{4} f_{cd}}}$$

$$\Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{479\ \text{kN}}{\frac{\pi}{4} \times 1{,}33\ \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}}} = 21{,}414\ \text{cm}$$

$$\therefore \mathbf{d = 22\ cm}$$

5) Dimensionar uma emenda por dente simples, como é indicado na figura abaixo,
sendo: N_d = 14,9 kN; b= 8 cm; h=22,5 cm; β = 32º; f_{cd} = 5,56 MPa; f_{cnd} = 1,50 MPa; f_{vd} = 0,96 MPa



Solução

→Fórmula de Hankinson

$$f_{c\beta d} = \frac{f_{cd}\, f_{cnd}}{f_{cd}\,\text{sen}^2(\beta) + f_{cnd}\cos^2(\beta)} = \frac{5{,}56 \times 1{,}50}{5{,}56 \times \text{sen}^2(32^\circ) + 1{,}50 \times \cos^2(32^\circ)}$$

$$f_{c\beta d} = 3{,}159 \text{ MPa}$$

→Dimensionamento

$$t \geq \frac{N_d \cos(\beta)}{b\, f_{c\beta d}} = \frac{14900 \text{ N} \cos(32^\circ)}{80 \text{ mm} \times 3{,}159 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 50{,}00025 \text{ mm}$$

$$\therefore \mathbf{t = 5,1\ cm}$$

$$a \geq \frac{N_d \cos(\beta)}{b\, f_{vd}} = \frac{14900 \text{ N} \cos(32^\circ)}{80 \text{ mm} \times 0{,}96 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 164{,}53 \text{ mm}$$

$$\therefore \mathbf{a = 16,5\ cm}$$