Universidade POSITIVO

Engenharia Civil
Prova Bimestral: 2 / 2º Semestre de 2020
Disciplina: Estruturas de Aço e Madeira II

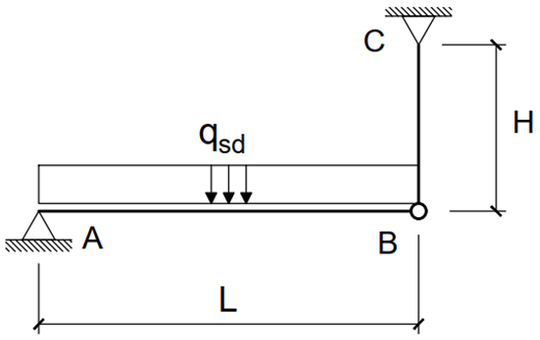
Código da Prova:
AM202-B2-5NA

Procedimento e Orientações:

1. Leia atentamente todas as instruções da prova.
2. Os dados **D1, D2, D3, D4 e D5** devem ser obtidos no site **www.jjscremin.com/provas** onde o aluno deve entrar com o código da prova (indicado no cabeçalho desta) e seu respectivo número de matrícula clicando no botão **"Buscar Dados"**.
3. Após obter as respostas para as 16 questões da prova o aluno deverá fotografar as páginas com o desenvolvimento dos cálculos e postar no AVA via item **"Postagem de AM202-B2-5NA"**;
4. Em seguida o aluno deverá postar as respostas finais para as 16 questões (inserindo somente números e utilizando "ponto" como separador de decimais) no site **www.jjscremin.com/provas.** Para tanto, o aluno deverá fazer/refazer a busca de dados com seu número de matrícula e código de prova, certificando-se de que seu nome apareça em vermelho no campo "Nome do Aluno" para em seguida preencher os 16 campos destinados às respostas, e por fim, clicar no botão **"Enviar Respostas"**.
5. **Para todos os cálculos nas questões utilize 5 algarismos significativos.**
6. Na correção dos valores numéricos das questões abertas será utilizada uma margem de erro de 5 por cento (para mais ou para menos).

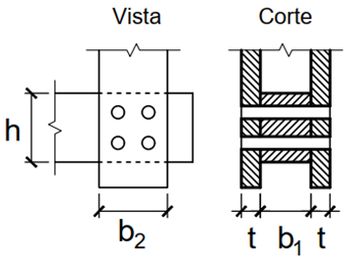
Problema A (0,625 ponto cada) :

Calcular qual a mínima altura "h", sem uso de modulação, necessária para que a viga "AB" atenda as verificações de momentos, cortantes e flechas e proceder a verificação da ligação no ponto "B".



- Combinações normais em ELU e combinação de longa duração em ELS;
- A edificação é uma biblioteca;
- Não considerar reduções de esforço cortante nas proximidades de apoios;
- Construção corrente sem materiais frágeis;
- A viga AB é contida lateralmente ao longo de todo seu comprimento;
- A ligação no ponto "B" é composta de 4 parafusos com resistência fyk = 240 MPa;
- Não é necessário dimensionar as peças da barra BC quanto à tração;
- Para efeito de cálculo de esforços e flechas considerar a barra BC como inextensível;
- Não é necessário verificar os espaçamentos na ligação;
- Madeira Dicotiledônea de primeira categoria em ambiente classe 2 de umidade;
- Na viga "AB" incide somente carga permanente (kmod1 = 0,6);

Detalhe do Nó B



- Classe da Madeira D1 sendo:
1 para C20 2 para C30 3 para C40 4 para C60

- Diâmetro dos Parafusos D2 sendo:
1 para 1,25 cm 2 para 1,6 cm 3 para 1,9 cm 4 para 2,2 cm

- Demais Dados:
L = D3 . 500 cm ; H = 300 cm; b1 = D5 . 14 cm; b2 = D5 . 15 cm;
t = Dobro (2x) o diâmetro do parafuso instalado;
qsk = D4 . 3,00 kN/m (carga permanente em valor característico que incide na viga "AB")

88

Q01 – Qual a mínima altura "h" necessária para que a verificação de momentos fletores seja atendida? [em cm]?
Q02 – Qual a mínima altura "h" necessária para que a verificação de esforços cortantes seja atendida? [em cm]?
Q03 – Qual a mínima altura "h" necessária para que a verificação de deformações excessivas (flecha) seja atendida? [em cm]?
Q04 – Qual o valor do mínimo momento de inércia necessário para que a verificação de momentos fletores seja atendida ? [em cm^4]
Q05 – Se a viga não fosse contida lateralmente ao longo de todo seu comprimento e tivesse travamentos somente nas extremidades "A" e "B", qual seria o máximo vão que a mesma poderia ter de modo que a verificação de flambagem lateral ainda pudesse ser dispensada dado que a altura "h" fosse de 25 cm (considerar somente o primeiro critério previsto em norma) ? [em cm]

Q06 – Qual o valor do esforço resistente por plano de corte (RVd1) relativo a peça central (horizontal) na ligação no ponto "B"? [em kN]
Q07 – Qual o valor do esforço resistente por plano de corte (RVd1) relativo à peças laterais (verticais) na ligação no ponto "B"? [em kN]
Q08 – Qual o valor da máxima solicitação vertical (ao longo da barra "BC") que pode incidir na ligação no ponto "B" de modo que esta não venha a falhar? [em kN]
Q09 – Qual a máxima carga distribuída em valor caracerístico que pode ser aplicada na viga "AB" de modo que a verificação da ligação no ponto "B" ainda seja atendida (desconsiderando qualquer altura "h" previamente calculada)? [em kN/m]?
Q10 – Qual o valor do máximo momento solicitante de cálculo que incide na viga "AB" (considerando o carregamento aplicado) ? [em kNm]?

$D1 := 3$ $D2 := 4$ $D3 := 1,2$ $D4 := 1$ $D5 := 0,6$

$$tipomad := \begin{bmatrix} 20\ MPa & 4\ MPa & 9,5\ GPa \\ 30\ MPa & 5\ MPa & 14,5\ GPa \\ 40\ MPa & 6\ MPa & 19,5\ GPa \\ 60\ MPa & 8\ MPa & 24,5\ GPa \end{bmatrix} \qquad tipoparaf := \begin{bmatrix} 1,25\ cm & 1,68 \\ 1,6\ cm & 1,52 \\ 1,9\ cm & 1,41 \\ 2,2\ cm & 1,33 \end{bmatrix}$$

$qsk := D4 \cdot 3,0 \frac{kN}{m} = 3 \frac{kN}{m}$

$mad := \text{submatrix}(tipomad; D1; D1; 1; 3)$ $paraf := \text{submatrix}(tipoparaf; D2; D2; 1; 2)$

$fc0k := mad_{1} = 40\ MPa$
$fv0k := mad_{2} = 6\ MPa$
$Ec0m := mad_{3} = 19500\ MPa$
$d := paraf_{1} = 2,2\ cm$
$\alpha_E := paraf_{2} = 1,33$
$L := D3 \cdot 500\ cm = 600\ cm$
$H := 300\ cm$
$b1 := D5 \cdot 14\ cm = 8,4\ cm$
$b2 := D5 \cdot 15\ cm = 9\ cm$
$t := 2 \cdot d = 4,4\ cm$
$\gamma a1 := 1,1$

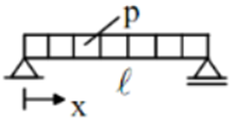
Propriedades da Madeira:

$kmod1 := 0,6$ Somente cargas permentes
$kmod2 := 1,0$ Ambiente classe 2 de umidade
$kmod3 := 1,0$ Dicotiledôena de 1ª categoria

$kmod := kmod1 \cdot kmod2 \cdot kmod3 = 0,6$

$fc0d := \frac{kmod \cdot fc0k}{1,4} = 1,7143 \frac{kN}{cm^2}$ $fv0d := \frac{kmod \cdot fv0k}{1,8} = 0,2 \frac{kN}{cm^2}$ $Ec0ef := kmod \cdot Ec0m = 11700\ MPa$

Máximas Solicitações:



$\frac{5}{384}\frac{pL^4}{EI}$	0,5 L	$\frac{pL^4}{24EI}(-\alpha^4 + 2\alpha^3 - \alpha)$

$Msd_max := \frac{1,4 \cdot qsk \cdot L^2}{8} = 18,9\ kN\ m$ $Vsd_max := \frac{1}{2} \cdot 1,4 \cdot qsk \cdot L = 12,6\ kN$

$Tsd_max := \frac{1}{2} \cdot 1,4 \cdot qsk \cdot L = 12,6\ kN$ $\delta calc := \frac{5}{384} \cdot \frac{qsk}{Ec0ef \cdot Ix} \cdot L^4$ $G10 := \frac{Msd_max}{kN\ m} = 18,9$

Verificação de Momentos:

$Mrd = \frac{b1 \cdot h^2}{6} \cdot fc0d$ $G10 := \frac{Msd_max}{kN\ m} = 18,9$

Igualando Mrd com Msd: $\frac{b1 \cdot h^2}{6} \cdot fc0d = \frac{1,4 \cdot qsk \cdot L^2}{8}$

$h_mom := \sqrt{\frac{6}{8 \cdot b1 \cdot fc0d} \cdot 1,4 \cdot qsk \cdot L^2} = 28,062\ cm$ $G01 := \frac{h_mom}{cm} = 28,0624$

Verificação de Cortantes:

$Vrd = \frac{2}{3} \cdot b1 \cdot h \cdot fv0d$

Igualando Vsd com Vrd: $\frac{2}{3} \cdot b1 \cdot h \cdot fv0d = \frac{1}{2} \cdot 1,4 \cdot qsk \cdot L$

$h_cort := \frac{3 \cdot 1,4 \cdot qsk \cdot L}{4 \cdot b1 \cdot fv0d} = 11,25 \text{ cm}$ $G02 := \frac{h_cort}{\text{cm}} = 11,25$

Verificação de Flecha:

$\delta limite := \frac{L}{200} = 3 \text{ cm}$

Igualando δcalc com δlimite : $\frac{5}{384} \cdot \frac{qsk}{Ec0ef \cdot \frac{b1}{12} \cdot h^3} \cdot L^4 = \frac{L}{200}$

$h_flecha := \sqrt[3]{\frac{5}{384} \cdot \frac{qsk}{Ec0ef \cdot \frac{b1}{12}} \cdot L^4 \cdot \frac{200}{L}} = 27,4149 \text{ cm}$ $G03 := \frac{h_flecha}{\text{cm}} = 27,4149$

$Inec_mom := \frac{b1 \cdot h_mom^3}{12} = 15469 \text{ cm}^4$ $G04 := \frac{Inec_mom}{\text{cm}^4} = 15469,4148$

Máxima carga para que não ocorra instabilidade lateral:

$h1 := 25 \text{ cm}$

$\beta_M := \frac{1}{0,26 \cdot \pi} \cdot \frac{4}{1,4} \cdot \frac{\left(\frac{h1}{b1}\right)^{\frac{3}{2}}}{\left(\frac{h1}{b1} - 0,63\right)^{\frac{1}{2}}} = 11,7251$

$\frac{L_1}{b} \leq \frac{E_{c0,ef}}{\beta_M \cdot f_{c0,d}}$ $L1_inst := \frac{Ec0ef \cdot b1}{\beta_M \cdot fc0d} = 488,95 \text{ cm}$ $G05 := \frac{L1_inst}{\text{cm}} = 488,9492$

Verificações da Ligação no Ponto B:

Verificação e peça central (horizontal):

$fed_horiz := 0,25 \cdot fc0d \cdot \alpha_E = 0,57 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$ $fyd := \frac{240 \text{ MPa}}{1,1} = 21,8182 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$ $t_horiz := \frac{b1}{2} = 4,2 \text{ cm}$

$\beta_horiz := \frac{t_horiz}{d} = 1,9091$ $\beta lim_horiz := 1,25 \cdot \sqrt{\frac{fyd}{fed_horiz}} = 7,7336$

$Rvd1_horiz_emb := 0,4 \cdot \frac{t_horiz^2}{\beta_horiz} \cdot fed_horiz = 2,1067 \text{ kN}$

$Rvd1_horiz_flex := 0,625 \cdot \frac{d^2}{\beta lim_horiz} \cdot fyd = 8,5342 \text{ kN}$

$Rvd1_horiz := \text{if } \beta_horiz \leq \beta lim_horiz = 2,1067 \text{ kN}$
$\quad Rvd1_horiz_emb$
else
$\quad Rvd1_horiz_flex$

$G06 := \frac{Rvd1_horiz}{\text{kN}} = 2,1067$

Verificação e peças laterais (verticais)

$fed_vert := fc0d = 1,7143 \frac{kN}{cm^2}$ $t_vert := t = 4,4\ cm$

$\beta_vert := \frac{t_vert}{d} = 2$ $\beta lim_vert := 1,25 \cdot \sqrt{\frac{fyd}{fed_vert}} = 4,4594$

$Rvd1_vert_emb := 0,4 \cdot \frac{t_vert^2}{\beta_vert} \cdot fed_vert = 6,6377\ kN$

$Rvd1_vert_flex := 0,625 \cdot \frac{d^2}{\beta lim_vert} \cdot fyd = 14,8002\ kN$

$Rvd1_vert := \text{if } \beta_vert \le \beta lim_vert = 6,6377\ kN$
$\quad Rvd1_vert_emb$
else
$\quad Rvd1_vert_flex$

$G07 := \frac{Rvd1_vert}{kN} = 6,6377$

$Rvd1 := \min([\ Rvd1_horiz\ \ Rvd1_vert\ ]) = 2,1067\ kN$ $n_planos := 2$

$RVd_paraf := n_planos \cdot Rvd1 = 4,2134\ kN$ $n_paraf := 4$

$TRd := n_paraf \cdot RVd_paraf = 16,8538\ kN$ $G08 := \frac{TRd}{kN} = 16,8538$

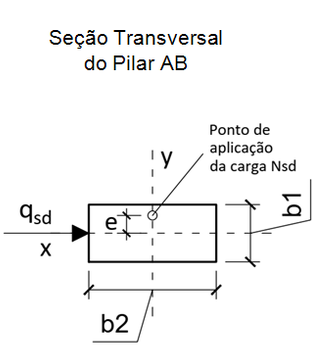
Igualando TSd com TRd: $\frac{1}{2} \cdot 1,4 \cdot qsk \cdot L = TRd$

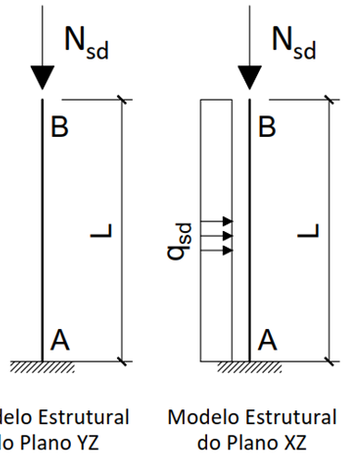
$qsk_lig := \frac{2 \cdot TRd}{1 \cdot 1,4 \cdot L} = 4,0128 \frac{kN}{m}$ $G09 := \frac{qsk_lig}{\frac{kN}{m}} = 4,0128$

Problema B (0,625 ponto cada) :

Verificar se o pilar AB ao lado atende as verificações de Resistência e Estabilidade.

- Madeira Dicotiledônea, peças de primeira categoria e ambiente classe 1 de umidade ;
- Combinações normais em ELU;
- O pilar faz parte de uma biblioteca;
- Todas as cargas envolvidas são permanentes (kmod1=0,6)





Modelo Estrutural do Plano YZ

Modelo Estrutural do Plano XZ

- Classe da Madeira D1 sendo:
1 para C60 2 para C40 3 para C30 4 para C20

- L = D2 sendo:
1 para 180 cm 2 para 200 cm 3 para 215 cm 4 para 230 cm

Demais Dados Geométricos:
b1 = D4 . 25,0 cm; b2 = D5 . 25,0 cm; e = D3 . 4,0 cm;

Cargas Permanentes em Valor Característico:
Nsk = 17,0 kN; qsk = 1,00 kN/m

Q11 – O momento fletor solicitante relativo ao giro do eixo "x" é [em kN.cm]?
Q12 – O momento fletor solicitante relativo ao giro do eixo "y" é [em kN.cm]?
Q13 – O resultado da aplicação da expressão de verificação de flexão composta oblíqua na peça é [adimensional] ?
Q14 – Em termos do eixo principal de inércia mais defavorável, a barra "ab" pode ser classificada como uma peça:
1 - curta 2 - medianamente esbelta 3 - esbelta 4 - esbeltez acima de 140 (tensão resistente nula)
Q15 – O valor da relação "Tensão Solicitante" / "Tensão Resistente" na verificação de estabilidade do pilar "AB" em termos do eixo "x" é [adimensional] ?
Q16 – O valor da relação "Tensão Solicitante" / "Tensão Resistente" na verificação de estabilidade do pilar "AB" em termos do eixo "y" é [adimensional] ?

$D1 = 3$ $D2 = 4$ $D3 = 1,2$ $D4 = 1$ $D5 = 0,6$

$$tipomad := \begin{bmatrix} 60\ MPa & 8\ MPa & 24,5\ GPa \\ 40\ MPa & 6\ MPa & 19,5\ GPa \\ 30\ MPa & 5\ MPa & 14,5\ GPa \\ 20\ MPa & 4\ MPa & 9,5\ GPa \end{bmatrix} \qquad tiposL := \begin{bmatrix} 180\ cm \\ 200\ cm \\ 215\ cm \\ 230\ cm \end{bmatrix}$$

$mad := \text{submatrix}(tipomad; D1; D1; 1; 3)$ $listaL := \text{submatrix}(tiposL; D2; D2; 1; 1)$

$fc0k := mad_1 = 30\ MPa$ $L := listaL_1 = 230\ cm$

$Ec0m := mad_3 = 14500\ MPa$ $b1 := D4 \cdot 25\ cm = 25\ cm$ $b2 := D5 \cdot 25\ cm = 15\ cm$

$Nsk := 17\ kN$ $qsk := 1,00\ \frac{kN}{m}$

$e := D3 \cdot 4\ cm = 4,8\ cm$

Propriedades da Madeira:

$kmod1 := 0,6$ Somente cargas permentes
$kmod2 := 1,0$ Ambiente classe 1 de umidade
$kmod3 := 1,0$ Dicotiledôena de 1ª categoria

$kmod := kmod1 \cdot kmod2 \cdot kmod3 = 0,6$

$fc0d := \frac{kmod \cdot fc0k}{1,4} = 1,2857\ \frac{kN}{cm^2}$ $Ec0ef := kmod \cdot Ec0m = 8700\ MPa$

Solicitações:

$Ncsd := 1,4 \cdot Nsk = 23,8\ kN$

$Msdx := Ncsd \cdot e = 114,24\ kN\ cm$ $G11 := \frac{Msdx}{kN\ cm} = 114,24$

$Msdy := \frac{1,4 \cdot qsk \cdot L^2}{2} = 370,3\ kN\ cm$ $G12 := \frac{Msdy}{kN\ cm} = 370,3$

Propriedades Geométricas :

$Ag := b1 \cdot b2 = 375\ cm^2$

$Ix := \frac{b2 \cdot b1^3}{12} = 19531,25\ cm^4$ $Iy := \frac{b1 \cdot b2^3}{12} = 7031,25\ cm^4$

$Wx := \frac{b2 \cdot b1^2}{6} = 1562,5\ cm^3$ $Wy := \frac{b1 \cdot b2^2}{6} = 937,5\ cm^3$

$rx := \sqrt{\frac{Ix}{Ag}} = 7,2169\ cm$ $ry := \sqrt{\frac{Iy}{Ag}} = 4,3301\ cm$

$Lox := 2 \cdot L = 4,6\ m$ $Loy := 2 \cdot L = 4,6\ m$

$\lambda x := \frac{Lox}{rx} = 63,7395$ $\lambda y := \frac{Loy}{ry} = 106,2324$ $\lambda := \max([\lambda x\ \lambda y]) = 106,2324$

$tipo_peca_x := \text{if } \lambda x \le 40 \quad = 2$

1

else

if $\lambda x \le 80$

2

else

if $\lambda x \le 140$

3

else

4

$tipo_peca_y := \text{if } \lambda y \le 40 \quad = 3$

1

else

if $\lambda y \le 80$

2

else

if $\lambda y \le 140$

3

else

4

$G14 := \max([\ tipo_peca_x\ \ tipo_peca_y\ ]) = 3$

Verificação de Resistência :

$\sigma Ncsd := \frac{Ncsd}{Ag} = 0,0635 \ \frac{kN}{cm^2}$ $\sigma Msdx := \frac{Msdx}{Wx} = 0,0731 \ \frac{kN}{cm^2}$ $\sigma Msdy := \frac{Msdy}{Wy} = 0,395 \ \frac{kN}{cm^2}$

$res1 := \left(\frac{\sigma Ncsd}{fc0d}\right)^2 + 0,5 \cdot \frac{\sigma Msdx}{fc0d} + \frac{\sigma Msdy}{fc0d} = 0,3381$ $res2 := \left(\frac{\sigma Ncsd}{fc0d}\right)^2 + \frac{\sigma Msdx}{fc0d} + 0,5 \cdot \frac{\sigma Msdy}{fc0d} = 0,2129$

$res := \max([\ res1\ \ res2\ ]) = 0,3381$ $G13 := res = 0,3381$

Verificação de Estabilidade do Eixo X:

$FEx := \frac{\pi^2 \cdot Ec0ef \cdot Ix}{Lox^2} = 792,5622 \ kN$ $hx := b1 = 25 \ cm$

Peças Esbeltas ($80 < \lambda \le 140$):

$e_a = \frac{L_0}{300} \ge \frac{h}{30}$ $e_i = \frac{M_{1d}}{N_{Sd}} \ge \frac{h}{30}$ $e_{ig} = \frac{M_{1gd}}{N_{gd}}$

$e_c = (e_{ig} + e_a) \cdot \left\{ exp\left[\frac{\phi[N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]}{F_E - [N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]}\right] - 1 \right\}$

Coeficientes de Fluência φ

Classes de Carregamento	Classes de Umidade			
	1	2	3	4
Permanente	0,8	0,8	2,0	2,0
Longa Duração	0,8	0,8	2,0	2,0
Média Duração	0,3	0,3	1,0	1,0
Curta Duração	0,1	0,1	0,5	0,5

$e_{1,ef} = e_i + e_a + e_c$ $F_E = \frac{\pi^2 \cdot E_{co,ef} \cdot I}{L_0^2}$ $M_{Sd} = N_{Sd} \cdot e_{1,ef} \cdot \left(\frac{F_E}{F_E - N_{Sd}}\right)$

$\sigma_{Nsd} = \frac{N_{Sd}}{A}$ $\sigma_{Msd} = \frac{M_{Sd}}{I} \cdot y = \frac{M_{Sd}}{W}$ $\frac{\sigma_{Nsd}}{f_{cod}} + \frac{\sigma_{Msd}}{f_{cod}} \le 1$

$\frac{hx}{30} = 0,8333 \ cm$

$\frac{Lox}{300} = 1,5333 \ cm$ $\frac{Msdx}{Ncsd} = 4,8 \ cm$

$eax := \text{if } \frac{Lox}{300} \ge \frac{hx}{30} = 1,5333 \ cm$

$\frac{Lox}{300}$

else

$\frac{hx}{30}$

$eix := \text{if } \frac{Msdx}{Ncsd} \ge \frac{hx}{30} = 4,8 \ cm$

$\frac{Msdx}{Ncsd}$

else

$\frac{hx}{30}$

$M1gd := Msdx = 114,24 \ kN \ cm$ $Ngd := Ncsd = 23,8 \ kN$

$eigx := \frac{M1gd}{Ngd} = 4,8 \ cm$

Classe 1 de umidade e cargas permanentes:

$\phi := 0,8$

$e_c = (e_{ig} + e_a) \cdot \left\{ exp\left[\frac{\phi[N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]}{F_E - [N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]}\right] - 1 \right\}$ $Nx := \frac{\phi \cdot (Nsk)}{FEx - (Nsk)} = 0,0175$

$ecx := (eigx + eax) \cdot (\exp(Nx) - 1) = 0,112 \ cm$

$e1x_ef := \begin{cases} 0 & \text{if } \lambda x \le 40 \\ eax + eix & \text{else if } \lambda x \le 80 \\ eax + eix + ecx & \text{else if } \lambda x \le 140 \\ 9999 & \text{else} \end{cases} = 6,3333 \text{ cm}$

$Ncsd \cdot e1x_ef = 150,7333 \text{ kN cm}$ $\quad \frac{FEx}{FEx - Ncsd} = 1,031$

$Msdx_final := Ncsd \cdot e1x_ef \cdot \left(\frac{FEx}{FEx - Ncsd} \right) = 155,3999 \text{ kN cm}$

$\sigma_{Nsd} := \frac{Ncsd}{Ag} = 0,0635 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$ $\quad \sigma_{Msdx} := \frac{Msdx_final}{Wx} = 0,0995 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

if $\lambda x \le 140$

$SporRx := \frac{\sigma_{Nsd} + \sigma_{Msdx}}{fc0d}$ $\quad G15 := SporRx = 0,1267$

else

$SporRx := 10000$

Verificação de Estabilidade do Eixo Y:

$FEy := \frac{\pi^2 \cdot Ec0ef \cdot Iy}{Loy^2} = 285,3224 \text{ kN}$ $\quad hy := b2 = 15 \text{ cm}$

Peças Esbeltas ($80 < \lambda \le 140$):

$e_a = \frac{L_0}{300} \ge \frac{h}{30}$ $\quad e_i = \frac{M_{1d}}{N_{Sd}} \ge \frac{h}{30}$ $\quad e_{ig} = \frac{M_{1gd}}{N_{gd}}$

$\frac{hy}{30} = 0,5 \text{ cm}$

$e_c = (e_{ig} + e_a) \cdot \left\{ exp\left[\frac{\phi[N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]}{F_E - [N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]} \right] - 1 \right\}$

$\frac{Loy}{300} = 1,5333 \text{ cm}$ $\quad \frac{Msdy}{Ncsd} = 0,1556 \text{ m}$

Coeficientes de Fluência φ

Classes de Carregamento	Classes de Umidade			
	1	2	3	4
Permanente	0,8	0,8	2,0	2,0
Longa Duração	0,8	0,8	2,0	2,0
Média Duração	0,3	0,3	1,0	1,0
Curta Duração	0,1	0,1	0,5	0,5

$eay := \begin{cases} \frac{Loy}{300} & \text{if } \frac{Loy}{300} \ge \frac{hy}{30} \\ \frac{hy}{30} & \text{else} \end{cases} = 1,5333 \text{ cm}$

$e_{1,ef} = e_i + e_a + e_c$ $\quad F_E = \frac{\pi^2 \cdot E_{c0,ef} \cdot I}{L_0^2}$ $\quad M_{Sd} = N_{Sd} \cdot e_{1,ef} \cdot \left(\frac{F_E}{F_E - N_{Sd}} \right)$

$\sigma_{Nsd} = \frac{N_{Sd}}{A}$ $\quad \sigma_{Msd} = \frac{M_{Sd}}{I} \cdot y = \frac{M_{Sd}}{W}$ $\quad \frac{\sigma_{Nsd}}{f_{cod}} + \frac{\sigma_{Msd}}{f_{cod}} \le 1$

$M1gd := Msdy = 370,3 \text{ kN cm}$ $\quad Ngd := Ncsd = 23,8 \text{ kN}$

$eiy := \begin{cases} \frac{Msdy}{Ncsd} & \text{if } \frac{Msdy}{Ncsd} \ge \frac{hy}{30} \\ \frac{hy}{30} & \text{else} \end{cases} = 15,5588 \text{ cm}$

$eigy := \frac{M1gd}{Ngd} = 15,5588 \text{ cm}$

Classe 1 de umidade e cargas permanentes:

$\phi := 0,8$

$e_c = (e_{ig} + e_a) \cdot \left\{ exp\left[\frac{\phi[N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]}{F_E - [N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]} \right] - 1 \right\}$ $\quad N := \frac{\phi \cdot (Nsk)}{FEy - (Nsk)} = 0,0507$

$ecy := (eigy + eay) \cdot (\exp(N) - 1) = 0,8887 \text{ cm}$

$$e1y_ef := \begin{cases} 0 & \text{if } \lambda y \le 40 \\ ea y + ei y & \text{if } \lambda y \le 80 \\ ea y + ei y + ec y & \text{if } \lambda y \le 140 \\ 999999999 & \text{otherwise} \end{cases} = 17,9808 \text{ cm}$$

$Ncsd \cdot e1y_ef = 427,9432 \text{ kN cm}$ $\quad \frac{FEy}{FEy - Ncsd} = 1,091$

$Msdy_final := Ncsd \cdot e1y_ef \cdot \left(\frac{FEy}{FEy - Ncsd} \right) = 466,8885 \text{ kN cm}$

$\sigma_{Nsd} := \frac{Ncsd}{Ag} = 0,0635 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$ $\quad \sigma_{Msdy} := \frac{Msdy_final}{Wy} = 0,498 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$

$$SporRy := \begin{cases} \frac{\sigma_{Nsd} + \sigma_{Msdy}}{fc0d} & \text{if } \lambda y \le 140 \\ 10000 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$G16 := SporRy = 0,4367$