Universidade POSITIVO

Engenharia Civil
Prova Bimestral: 1 / 1º Semestre de 2021
Disciplina: Sistemas Estruturais I

Código da Prova:
SE211-B1-N

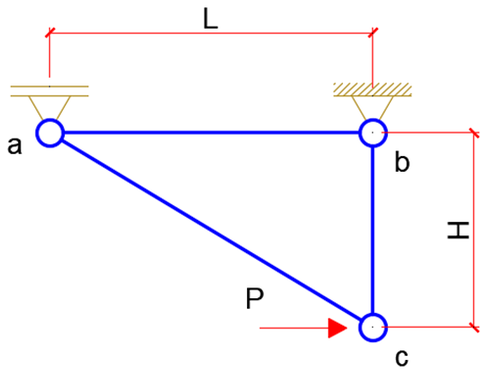
Procedimento e Orientações:

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 SE211-B1-N"**;
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 (0,3125 ponto cada) :

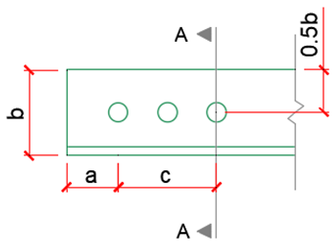
A treliça indicada no modelo estrutural será construída em cantoneiras duplas de abas desiguais em todas as suas barras e com os detalhes de furação indicados.

Com base nos dados fornecidos, determinar qual a máxima carga P (em valor de cálculo) que pode ser aplicada de modo que a barra "ac" atenda todas as verificações correlatas à peças em tração simples (ESB, RSL e Cisalhamento de Bloco)

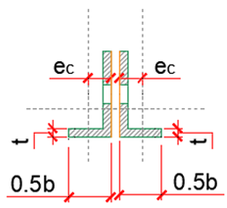


Dados:
L = D1 . 4000 mm
H = D2 . 3000 mm
a = 45 mm
b = D3 . 150 mm
c = D4 . 200 mm
t = 4,6 mm

Detalhe das Pontas da Barras



Corte AA



Diâmetro do Parafuso D5 sendo:
1 para 10,0 mm / 2 para 12,5 mm / 3 para 16,0 mm

Aço AR350

OBS: considerar que as cantoneiras trabalham de forma independente, ou seja, a capacidade resistente do conjunto será igual ao dobro da capacidade resistente de cada uma individualmente.

Q01) Qual o valor da Área Líquida de Cisalhamento correlata à verificação de Cisalhamento de Bloco de uma única cantoneira [em cm²]?
Q02) Qual o valor da Área Líquida de Tração correlata à verificação de Cisalhamento de Bloco de uma única cantoneira [em cm²]?
Q03) Qual o valor do coeficiente Ct correlato a verificação de Ruptura da Seção Líquida Efetiva [adim.]?
Q04) Qual o valor da Resistência ao Escoamento da Seção Bruta de uma única cantoneira do conjunto [em kN]?
Q05) Qual o valor da Resistência à Ruptura da Seção Líquida Efetiva do conjunto de cantoneiras [em kN]?
Q06) Qual o valor da Resistência ao Cisalhamento de Bloco do conjunto de cantoneiras [em kN]?
Q07) Qual o valor de cálculo da máxima carga P possível de ser aplicada de modo que a barra "ac" atenda às verificações de tração simples[em kN]?
Q08) Qual o valor da excentricidade (ec) de cada uma das cantoneiras em relação ao plano de ligação [em cm]

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

$$tipoparaf := \begin{bmatrix} 1,0\ \text{cm} & 1,68 \\ 1,25\ \text{cm} & 1,52 \\ 1,6\ \text{cm} & 1,41 \end{bmatrix}$$

$paraf := \text{submatrix}(tipoparaf; D5; D5; 1; 2)$ $\quad d := paraf_1 = 1\ \text{cm}$

$L := D1 \cdot 4000\ \text{mm} = 2,4\ \text{m}$ $\quad H := D2 \cdot 3000\ \text{mm}$

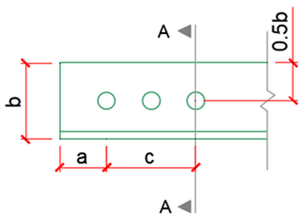
$a := 45\ \text{mm}$ $\quad b := D3 \cdot 150\ \text{mm} = 180\ \text{mm}$ $\quad c := D4 \cdot 200\ \text{mm} = 200\ \text{mm}$ $\quad t := 4,6\ \text{mm}$

$fy := 350\ \text{MPa}$ $\quad fu := 450\ \text{MPa}$ $\quad \gamma a1 := 1,1$ $\quad \gamma a2 := 1,35$

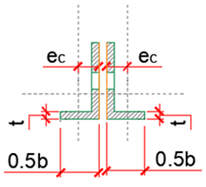
Propriedades Geométricas:

$dpad := d + 3,5\ \text{mm} = 13,5\ \text{mm}$

Detalhe das Pontas da Barras



Corte AA



$Ag1 := 0,5 \cdot b \cdot t + (b - t) \cdot t = 12,208\ \text{cm}^2$

$ec := \dfrac{(0,5 \cdot b \cdot t) \cdot 0,25 \cdot b + ((b - t) \cdot t) \cdot 0,5 \cdot t}{Ag1} = 1,678\ \text{cm}$

$G08 := \dfrac{ec}{\text{cm}} = 1,678$

$Agv1 := (a + c) \cdot t = 11,27\ \text{cm}^2$ $\quad Ant1 := 0,5 \cdot b \cdot t - 0,5 \cdot dpad \cdot t = 3,8295\ \text{cm}^2$

$Anv1 := Agv1 - 2,5 \cdot dpad \cdot t = 9,7175\ \text{cm}^2$ $\quad G02 := \dfrac{Ant1}{\text{cm}^2} = 3,8295$

$G01 := \dfrac{Anv1}{\text{cm}^2} = 9,7175$

$Ct_calc := 1 - \dfrac{ec}{c} = 0,9161$

$Ct :=$ if $Ct_calc > 0,90$ $= 0,9$
$\quad 0,90$
$\quad$ else
$\quad\quad$ if $Ct_calc < 0,60$
$\quad\quad\quad 0$
$\quad\quad$ else
$\quad\quad\quad Ct_calc$

$G03 := Ct = 0,9$

$An1 := Ag1 - dpad \cdot t = 11,587\ \text{cm}^2$

$Ae1 := Ct \cdot An1 = 10,429\ \text{cm}^2$

Escoamento de Seção Bruta:

$Rdt_ESB1 := \dfrac{Ag1 \cdot fy}{\gamma a1} = 388,45\ \text{kN}$ $\quad G04 := \dfrac{Rdt_ESB1}{\text{kN}} = 388,45$

Ruptura de Seção Líquida Efetiva:

$Rdt_RSL1 := \dfrac{Ae1 \cdot fu}{\gamma a2} = 347,62\ \text{kN}$ $\quad G05 := 2 \cdot \dfrac{Rdt_RSL1}{\text{kN}} = 695,24$

Cisalhamento de Bloco:

$Cts := 1,0$

$$Rdt_CIS1 := \min\left(\left[\ \frac{1}{\gamma a2}\cdot(0,6\cdot Anv1\cdot fu + Cts\cdot Ant1\cdot fu)\ \frac{1}{\gamma a2}\cdot(0,6\cdot Agv1\cdot fy + Cts\cdot Ant1\cdot fu)\ \right]\right)$$

$Rdt_CIS1 = 302,96\ kN$ $\quad$ $G06 := 2\cdot\frac{Rdt_CIS1}{kN} = 605,92$

Máxima Carga P em Valor de Cálculo Possível de Ser Aplicada:

$hip := \sqrt{L^2 + H^2} = 3,8419\ m$

$cos\alpha := \frac{L}{hip} = 0,6247$

$Nrd := 2\cdot\min\left(\left[\ Rdt_ESB1\ \ Rdt_RSL1\ \ Rdt_CIS1\ \right]\right) = 605,92\ kN$

$P := Nrd\cdot cos\alpha = 378,52\ kN$

$G07 := \frac{P}{kN} = 378,52$

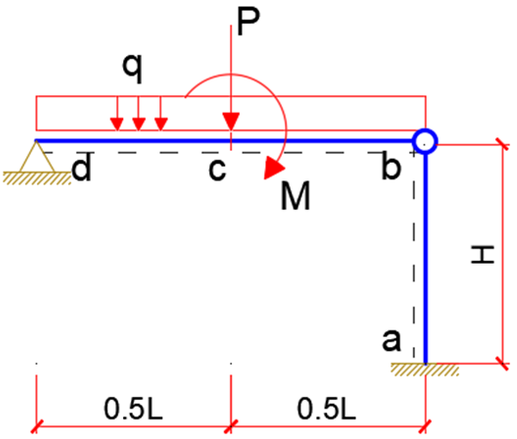
Problema B (0,3125 ponto cada) :

Para o modelo estrutural esboçado ao lado proceder as combinações de ações pertinentes e determinar a máxima e a mínima solicitação axial que podem ocorrer na barra “ab” procedendo em seguida a verificação de compressão simples desta mesma barra.

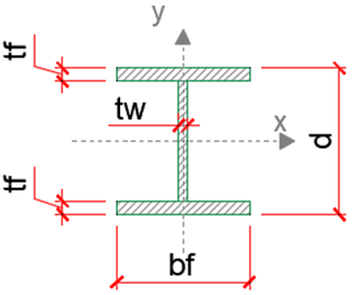
Dimensões:
L = 6000 mm
H = 3000 mm
bf = D1 . 250 mm
tf = 8.0 mm
tw = 6.3 mm
d = D2 . 300 mm

Cargas em Valor Característico:
q = 10,0 kN/m (peso próprio de estrutura metálica)
P = D3 . 150 kN (acidental de ocupação)
M = D4 . 240 kNm (vento)

Dados:
- Aço D5 sendo: 1 para MR250 / 2 para AR350 / 3 para AR415
- Considerar Edificação Comercial e Combinações de Ações Normais em ELU.
- A coluna “ab” deverá atender a verificação de compressão simples considerando a possibilidade de ocorrência de flambagem local e global.
- O perfil empregado na coluna “ab” é SOLDADO.
- Considerar as vinculações indicadas como válidas para ambos os eixos principais de inércia na seção transversal esboçada.
- Considerar valores recomendados para os coeficientes de flambagem e não os teóricos.



Perfil da Coluna "ab"



Q09) Qual o valor da máxima solicitação axial de compressão que pode incidir na barra “ab” [em kN e em módulo]?
Q10) Qual o valor do coeficiente de flambagem para a barra “ab” [adim.]?
Q11) Qual o valor do índice de esbeltez relativo ao giro do eixo de menor capacidade resistente de compressão na barra “ab” [adim.]?
Q12) Qual o valor do fator de redução de resistência à compressão em termos de flambagem local (Qs) relativo à elementos não enrijecidos (AL) para o perfil adotado [adim.]?
Q13) Qual o valor do fator de redução de resistência à compressão em termos de flambagem local (Qa) relativo à elementos enrijecidos (AA) para o perfil adotado [adim.]?
Q14) Qual o valor do fator de redução de resistência global χ utilizado para determinação da resistência final da barra “ab” [adim.]?
Q15) Qual o valor do raio de giração correlato ao giro do eixo principal de inércia “y” na seção transversal adotada [em cm]?
Q16) Qual o valor da razão Força Axial Resistente / Força Axial Solicitante na verificação de compressão simples da barra “ab” [adim.]?

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

$$tipoaco := \begin{bmatrix} 250\ MPa & 400\ MPa \\ 350\ MPa & 450\ MPa \\ 415\ MPa & 520\ MPa \end{bmatrix} \qquad E := 200\ GPa$$

$L := 6000\ mm$ $H := 3000\ mm$

$tw := 6,3\ mm$ $tf := 8\ mm$

$aco := submatrix(tipoaco; D5; D5; 1; 2)$ $fy := aco_1 = 250\ MPa$ $fu := aco_2 = 400\ MPa$

$d := D2 \cdot 300\ mm = 300\ mm$ $bf := D1 \cdot 250\ mm = 150\ mm$ $q := 10\ \frac{kN}{m}$

$P := D3 \cdot 150\ kN = 180\ kN$ $M := D4 \cdot 240\ kN\ m = 240\ kN\ m$

Combinações de Ações:

$Nab_q := \frac{q \cdot L}{2} = 30\ kN$ $\gamma_q := 1,25$

$Nab_P := \frac{P}{2} = 90\ kN$ $\gamma_P := 1,50$ $\psi o_P := 0,7$

$Nab_M := \frac{M}{L} = 40\ kN$ $\gamma_M := 1,40$ $\psi o_M := 0,6$

$Nab1 := (\gamma_q \cdot Nab_q) + \gamma_P \cdot Nab_P + (\gamma_M \cdot Nab_M \cdot \psi o_M) = 206,10\ kN$

$Nab2 := (\gamma_q \cdot Nab_q) + \gamma_M \cdot Nab_M + (\gamma_P \cdot Nab_P \cdot \psi o_P) = 188,00\ kN$

$Nab3 := (\gamma_q \cdot Nab_q) = 37,500\ kN$

$Nab4 := (1,00 \cdot Nab_q) = 30,000\ kN$

$Nsd := \max([\ Nab1\ \ Nab2\ \ Nab3\ \ Nab4\ ]) = 206,1\ kN$

Propriedades Geométricas:

$hw := d - 2 \cdot tf = 284\ mm$

$Ag := 2 \cdot bf \cdot tf + hw \cdot tw = 41,892\ cm^2$

Devido um erro na figura da questão onde ao invés de apoio tipo 2 no ponto "d" constava um apoio tipo 1, serão consideradas como corretos tanto K = 2,1 quanto K = 0,8.

$K := \text{if } V_{10} \geq 2 = 0,8$
2,1
else
0,8

$Ix := \frac{bf \cdot d^3}{12} - \frac{(bf - tw) \cdot hw^3}{12} = 6319,7\ cm^4$ $rx := \sqrt{\frac{Ix}{Ag}} = 12,282\ cm$ $Kx := K$ $Lx := H = 3\ m$

$Iy := \frac{2 \cdot tf \cdot bf^3}{12} + \frac{hw \cdot tw^3}{12} = 450,59\ cm^4$ $ry := \sqrt{\frac{Iy}{Ag}} = 3,2796\ cm$ $Ky := K$ $Ly := H = 3\ m$

$\lambda x := \frac{Kx \cdot Lx}{rx} = 19,540$ $\lambda y := \frac{Ky \cdot Ly}{ry} = 73,179$ $\lambda max := \max([\ \lambda x\ \ \lambda y\ ]) = 73,1788$

$G10 := K$ $G11 := \lambda max = 73,1788$ $G15 := \frac{ry}{cm} = 3,2796$

Fator Q:

Elemento AA - GRUPO 2:

$\lambda a_lim := 1,49 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 42,1436$ $\lambda a := \frac{hw}{tw} = 45,0794$

$hw_ef := \text{if } \lambda a > \lambda a_lim \quad \min\left(\left[1,92 \cdot tw \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} \cdot \left(1 - \frac{0,34}{\lambda a} \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}\right)\ hw\right]\right)$ $\text{else}\ hw$ $= 26,9142\ cm$ $hw = 28,4\ cm$

$Aef := Ag - (hw - hw_ef) \cdot tw = 40,956\ cm^2$ $Qa := \frac{Aef}{Ag} = 0,9777$ $G13 := Qa = 0,9777$

Elemento AL - GRUPO 5:

$kc_calc := \frac{4}{\sqrt{\lambda a}} = 0,5958$ $kc := \text{if } kc_calc > 0,76\ \ 0,76$ $\text{else if } kc_calc < 0,35\ \ 0$ $\text{else}\ kc_calc$ $= 0,5958$

$\lambda s_lim := 0,64 \cdot \sqrt{\frac{E}{\frac{fy}{kc}}} = 13,9721$ $\lambda s := \frac{0,5 \cdot bf}{tf} = 9,375$ $\lambda e := 1,17 \cdot \sqrt{\frac{E}{\frac{fy}{kc}}} = 25,5427$

$Qs := \text{if } \lambda s < \lambda s_lim\ \ 1$ $\text{else if } \lambda s < \lambda e\ \ \min\left(\left[1,415 - 0,65 \cdot \lambda s \cdot \sqrt{\frac{fy}{kc \cdot E}}\ \ 1\right]\right)$ $\text{else}\ \frac{0,90 \cdot E \cdot kc}{fy \cdot \lambda s^2}$ $= 1$ $G12 := Qs = 1$

$Q := Qa \cdot Qs = 0,9777$

Fator χ e Verificação de Resistência:

Análise do eixo "y" (eixo de maior esbeltez):

$$\lambda pl := \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{Q \cdot fy}} = 89,8674 \qquad \lambda oy := \frac{\lambda y}{\lambda pl} = 0,8143$$

$$\chi y := \text{if } \lambda oy \le 1,5 = 0,7577 \quad 0,658^{\lambda oy^2} \text{ else } \frac{0,877}{\lambda oy^2} \qquad G14 := \chi y = 0,7577$$

$$Ncrd_calc := \frac{Q \cdot \chi y \cdot Ag \cdot fy}{\gamma a1} = 705,23\ kN \qquad Ncrd := \text{if } \lambda max > 200 = 705,23\ kN \text{ } 0 \text{ else } Ncrd_calc$$

$$G16 := \frac{Ncrd}{Nsd} = 3,4218$$

Questão Q09 ficou mal escrita e com dúbia interpretação sendo que a resposta correta pode ser entendida como:

$$G09a := \frac{Nsd}{kN} = 206,1 \quad \text{ou} \quad G09b := \frac{Ncrd}{kN} = 705,23$$

Logo o gabarito será conformado à resposta do aluno:

$$G09 := \text{if } |G09a - V_9| > |G09b - V_9| = 206,1 \text{ } G09b \text{ else } G09a$$