Universidade POSITIVO

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

Código da Prova:
SE211-B1-M

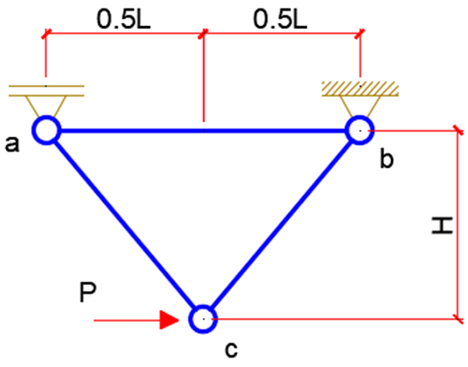
Procedimento e Orientações:

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-M"**;
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).

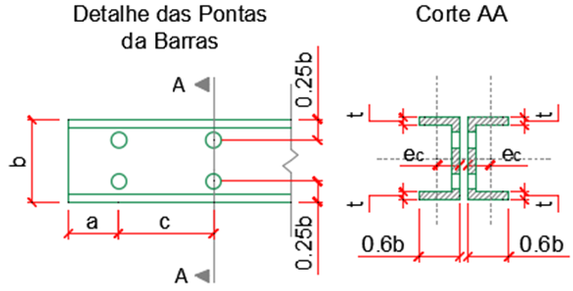
Problema A (0,3125 ponto cada) :

A treliça indicada no modelo estrutural será construída em perfis "U" duplos 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 a peças em tração simples (ESB, RSL e Cisalhamento de Bloco).



Dados:
L = D1 . 4000 mm
H = D2 . 3000 mm
a = 40 mm
b = D3 . 240 mm
c = D4 . 220 mm
t = 4,1 mm



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

Aço MR250

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

Q01) Qual o valor do coeficiente Ct correlato a verificação de Ruptura da Seção Líquida Efetiva [adim.]?
Q02) Qual o valor da Área Líquida de Cisalhamento correlata à verificação de Cisalhamento de Bloco de um único perfil U [em cm^2]?
Q03) Qual o valor da Área Líquida de Tração correlata à verificação de Cisalhamento de Bloco de um único perfil U [em cm^2]?
Q04) Qual o valor da Resistência ao Cisalhamento de Bloco do conjunto de perfis [em kN]?
Q05) Qual o valor da Resistência à Ruptura da Seção Líquida Efetiva de um único perfil U [em kN]?
Q06) Qual o valor da Resistência ao Escoamento da Seção Bruta do conjunto de perfis U [em kN]?
Q07) Qual o valor da excentricidade (ec) de cada um dos perfis U em relação ao plano de ligação [em cm] ?
Q08) 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]?

$D1 = 1,2$ $D2 = 0,8$ $D3 = 0,6$ $D4 = 1,2$ $D5 = 2$

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

$paraf := \text{submatrix}(tipoparaf; D5; D5; 1; 2)$ $\quad d := paraf_1 = 1,25\ \text{cm}$

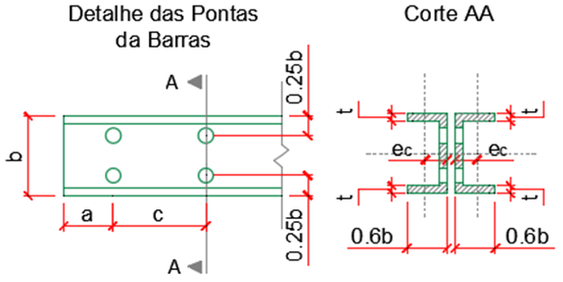
$L := D1 \cdot 4000\ \text{mm} = 4,8\ \text{m}$ $\quad H := D2 \cdot 3000\ \text{mm} = 2,4\ \text{m}$

$a := 40\ \text{mm}$ $\quad b := D3 \cdot 240\ \text{mm} = 144\ \text{mm}$ $\quad c := D4 \cdot 220\ \text{mm} = 264\ \text{mm}$ $\quad t := 4,1\ \text{mm}$

$fy := 250\ \text{MPa}$ $\quad fu := 400\ \text{MPa}$ $\quad \gamma a1 := 1,1$ $\quad \gamma a2 := 1,35$

Propriedades Geométricas:

$dpad := d + 3,5\ \text{mm} = 16\ \text{mm}$



$Ag1 := 2 \cdot (0,6 \cdot b \cdot t) + (b - 2 \cdot t) \cdot t = 12,653\ \text{cm}^2$

$ec := \dfrac{2 \cdot (0,6 \cdot b \cdot t) \cdot 0,3 \cdot b + ((b - 2 \cdot t) \cdot t) \cdot 0,5 \cdot t}{Ag1} = 2,5092\ \text{cm}$

$G07 := \dfrac{ec}{\text{cm}} = 2,5092$

$Agv1 := 2 \cdot (a + c) \cdot t = 24,928\ \text{cm}^2$

$Ant1 := 0,5 \cdot b \cdot t - 1 \cdot dpad \cdot t = 2,2960\ \text{cm}^2$

$Anv1 := Agv1 - 3,0 \cdot dpad \cdot t = 22,960\ \text{cm}^2$

$G03 := \dfrac{Ant1}{\text{cm}^2} = 2,296$

$G02 := \dfrac{Anv1}{\text{cm}^2} = 22,96$

$Ct_calc := 1 - \dfrac{ec}{c} = 0,905$

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

$G01 := Ct = 0,9$

$An1 := Ag1 - dpad \cdot t = 11,997\ \text{cm}^2$

$Ae1 := Ct \cdot An1 = 10,797\ \text{cm}^2$

Escoamento de Seção Bruta:

$Rdt_ESB1 := \dfrac{Ag1 \cdot fy}{\gamma a1} = 287,56\ \text{kN}$ $\quad G06 := 2 \cdot \dfrac{Rdt_ESB1}{\text{kN}} = 575,12$

Ruptura de Seção Líquida Efetiva:

$Rdt_RSL1 := \dfrac{Ae1 \cdot fu}{\gamma a2} = 319,91\ \text{kN}$ $\quad G05 := 1 \cdot \dfrac{Rdt_RSL1}{\text{kN}} = 319,91$

Cisalhamento de Bloco:

$Cts := 1,0$

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

$Rdt_CIS1 = 345,01\ kN$ $\quad G04 := 2\cdot\frac{Rdt_CIS1}{kN} = 690,01$

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

$hip := \sqrt{(0,5\cdot L)^2 + H^2} = 3,3941\ m$

$cos\alpha := \frac{0,5\cdot L}{hip} = 0,7071$

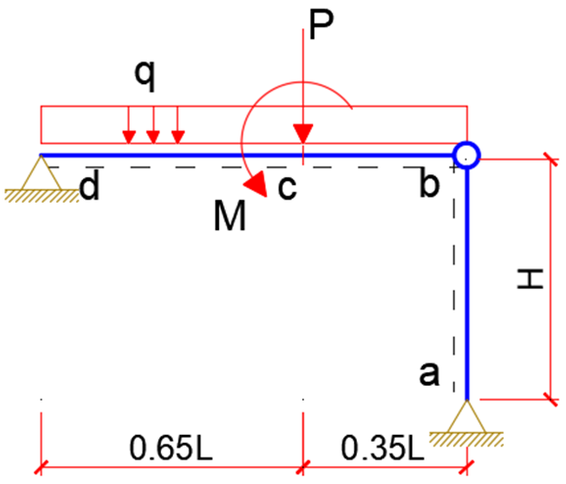
$Nrd := 2\cdot\min\left(\left[\ Rdt_ESB1\ \ Rdt_RSL1\ \ Rdt_CIS1\ \right]\right) = 575,12\ kN$

$P := Nrd\cdot cos\alpha = 406,67\ kN$

$G08 := \frac{P}{kN} = 406,67$

Problema B (0,3125 ponto cada) :

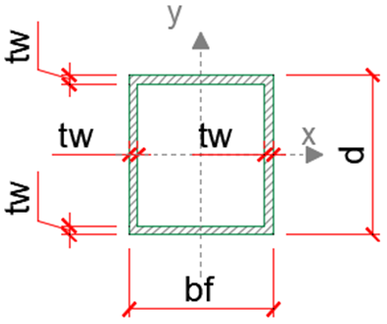
Para o modelo estrutural esboçado ao lado proceder as combinações de ações pertinentes e determinar a máxima e a mínima solicitação axial que podem ocorrer na barra “ab” procedendo em seguida a verificação de compressão simples desta mesma barra.



Dimensões:
L = 7000 mm
H = 4000 mm
bf = D1 . 250 mm
tw = 5.0 mm
d = D2 . 300 mm

Cargas em Valor Característico:
q = 10,00 kN/m (peso próprio de estrutura metálica)
P = D3 . 350,0 kN (acidental de ocupação)
M = D4 . 120 kNm (vento)

Perfil da Coluna "ab"



Dados:
- Aço D5 sendo: 1 para MR250 / 2 para AR350 / 3 para AR415
- Considerar Edificação tipo Biblioteca 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 por flexão.
- O perfil empregado na coluna “ab” é uma seção caixão (GRUPO 2).
- 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.

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

$D1 = 1,2$ $D2 = 0,8$ $D3 = 0,6$ $D4 = 1,2$ $D5 = 2$

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

$L := 7000\ mm$ $H := 4000\ mm$

$tw := 5,0\ mm$

$aco := submatrix(tipoaco; D5; D5; 1; 2)$ $fy := aco_1 = 350\ MPa$ $fu := aco_2 = 450\ MPa$

$d := D2 \cdot 300\ mm = 240\ mm$ $bf := D1 \cdot 250\ mm = 300\ mm$ $q := 10\ \frac{kN}{m}$

$P := D3 \cdot 350\ kN = 210\ kN$ $M := D4 \cdot 120\ kN\ m = 144\ kN\ m$

Combinações de Ações:

$Nab_q := \frac{q \cdot L}{2} = 35\ kN$ $\gamma_q := 1,25$

$Nab_P := 0,65 \cdot P = 136,5\ kN$ $\gamma_P := 1,50$ $\psi o_P := 0,8$

$Nab_M := -\frac{M}{L} = -20,5714\ kN$ $\gamma_M := 1,40$ $\psi o_M := 0,6$

$Nab1 := (\gamma_q \cdot Nab_q) + \gamma_P \cdot Nab_P = 248,50\ kN$

$Nab2 := (1,0 \cdot Nab_q) + \gamma_M \cdot Nab_M = 6,2000\ kN$

$Nab3 := (\gamma_q \cdot Nab_q) = 43,750\ kN$

$Nab4 := (1,00 \cdot Nab_q) = 35,000\ kN$

$Nsd := \max([\ Nab1\ \ Nab2\ \ Nab3\ \ Nab4\ ]) = 248,5\ kN$

Propriedades Geométricas:

$bv := d - 2 \cdot tw = 230\ mm$ $bh := bf - 2 \cdot tw = 290\ mm$

$Ag := bf \cdot d - bh \cdot bv = 53\ cm^2$

$Ix := \frac{bf \cdot d^3}{12} - \frac{bh \cdot bv^3}{12} = 5156,4\ cm^4$ $rx := \sqrt{\frac{Ix}{Ag}} = 9,8636\ cm$ $Kx := 1,0$ $Lx := H = 4\ m$

$Iy := \frac{d \cdot bf^3}{12} - \frac{bv \cdot bh^3}{12} = 7254,4\ cm^4$ $ry := \sqrt{\frac{Iy}{Ag}} = 11,699\ cm$ $Ky := 1,0$ $Ly := H = 4\ m$

$\lambda x := \frac{Kx \cdot Lx}{rx} = 40,553$ $\lambda y := \frac{Ky \cdot Ly}{ry} = 34,190$ $\lambda max := \max([\ \lambda x\ \ \lambda y\ ]) = 40,5531$

$G10 := \frac{rx}{cm} = 9,8636$ $G11 := 1,0$ $G12 := \lambda max = 40,5531$

Fator Q:

Elemento AA - GRUPO 2:

$$\lambda a_lim := 1,49 \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} = 35,6178$$

$$\lambda av := \frac{bv}{tw} = 46 \qquad \lambda ah := \frac{bh}{tw} = 58$$

$$bv_ef := \begin{cases} \min\left(\left[1,92 \cdot tw \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} \cdot \left(1 - \frac{0,38}{\lambda av} \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}\right) bv\right]\right) & \text{if } \lambda av > \lambda a_lim \\ bv & \text{else} \end{cases} = 18,4167\ \text{cm} \qquad bv = 23\ \text{cm}$$

$$bh_ef := \begin{cases} \min\left(\left[1,92 \cdot tw \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} \cdot \left(1 - \frac{0,38}{\lambda ah} \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}\right) bh\right]\right) & \text{if } \lambda ah > \lambda a_lim \\ bh & \text{else} \end{cases} = 19,3543\ \text{cm} \qquad bh = 29\ \text{cm}$$

$$Aef := Ag - 2 \cdot \left((bv - bv_ef) + (bh - bh_ef)\right) \cdot tw = 38,771\ \text{cm}^2 \qquad Ag = 53\ \text{cm}^2$$

$$Qa := \frac{Aef}{Ag} = 0,7315 \qquad G13 := Qa = 0,7315$$

Elemento AL - Não Existe:

$$Qs := 1$$

$$G14 := Qs = 1$$

$$Q := Qa \cdot Qs = 0,7315$$

Fator χ e Verificação de Resistência:

Análise do eixo "y" :

$$\lambda pl := \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{Q \cdot fy}} = 87,8042 \qquad \lambda oy := \frac{\lambda y}{\lambda pl} = 0,3894$$

$$\chi y := \begin{cases} 0,658^{\lambda oy^2} & \text{if } \lambda oy \le 1,5 \\ \frac{0,877}{\lambda oy^2} & \text{else} \end{cases} = 0,9385 \qquad Ncrdy := \frac{Q \cdot \chi y \cdot Ag \cdot fy}{\gamma a1} = 1157,8\ \text{kN}$$

Análise do eixo "x" :

$$\lambda ox := \frac{\lambda x}{\lambda pl} = 0,4619$$

$$\chi x := \begin{cases} 0,658^{\lambda ox^2} & \text{if } \lambda ox \le 1,5 \\ \frac{0,877}{\lambda ox^2} & \text{else} \end{cases} = 0,9146 \qquad Ncrdx := \frac{Q \cdot \chi x \cdot Ag \cdot fy}{\gamma a1} = 1128,3\ \text{kN}$$

```
if λx > λy
  | χ := χx
  | Ncrd_calc := Ncrdx
else
  | χ := χY
  | Ncrd_calc := Ncrdy
```

$$Ncrd := \begin{cases} 0 & \text{if } \lambda max > 200 \\ Ncrd_calc & \text{otherwise} \end{cases} = 1128,3\ kN$$

$$G15 := \chi = 0,9146 \qquad G16 := \frac{Ncrd}{Nsd} = 4,5403$$

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

$$G09a := \frac{Nsd}{kN} = 248,5 \qquad \text{ou} \qquad G09b := \frac{Ncrd}{kN} = 1128,3$$

Logo o gabarito será conformado à resposta do aluno:

$$G09 := \begin{cases} G09b & \text{if } |G09a - V_9| > |G09b - V_9| \\ G09a & \text{otherwise} \end{cases} = 248,5$$