UNIVERSIDADE POSITIVO

Engenharia Civil
Prova Bimestral: 2 / 1º Semestre de 2019 **AM191-B2-C**
Disciplina : Estruturas de Aço e Madeira I

Nota:

Turma

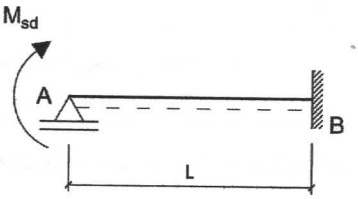
Nome: GABARITO L=4m Msd=150kNm d=3/4' Matrícula:

Orientações:
- Leia atentamente todas as instruções da prova.
- Não é permitida a comunicação entre os alunos durante a realização da prova.
- **Respostas das questões com alternativas devem ser assinaladas com caneta azul ou preta na própria questão.**
- **Respostas das questões abertas devem ser escritas com caneta azul ou preta nas linhas abaixo de cada questão.**
- Aparelhos de comunicação deverão ser desligados e mantidos dentro das malas, que deverão ser deixadas na frente do salão de provas. Caso algum aluno seja flagrado portando um celular em salão de provas, mesmo que este esteja desligado, isto será considerado como tentativa de cola e o aluno terá sua prova recolhida e será atribuída nota zero na avaliação.
- **É obrigatória a CONSULTA A UMA FOLHA SULFITE A4 BRANCA FRENTE E VERSO MANUSCRITA a ser entregue junto com a prova.**
- **RESPOSTAS SEM OS RESPECTIVOS CÁLCULOS SERÃO AVALIADAS COM CONCEITO ZERO.**
- **Para todos os cálculos nas questões utilize 5 algarismos significativos.**
- Na correção dos valores numéricos das questões abertas será utilizada uma margem de erro de 5 por cento (para mais ou para menos).
- **A sigla N.D.A. significa nenhuma das alternativas elencadas para a questão.**

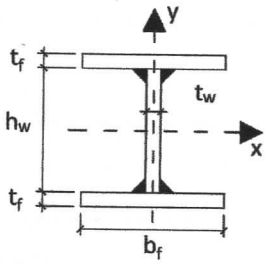
Problema A : [0.625 pontos por questão]

A **viga AB** esboçada ao lado será construída em **perfil I soldado** em aço **MR-250.** Pede-se:

- Determinar a mínima **altura de alma "h_w" necessária (em modulação de 5 mm)** para que sejam atendidas as verificações de **deslocamentos máximos, esforços cortantes** e **FLA para momentos fletores.**
- Em seguida, adotando **h_w = 300 mm** proceda a **verificação FLT para momentos fletores.**



Seção Transversal do Perfil Soldado da Viga AB



Dados:
- A viga faz parte do piso de uma edificação comercial e é travada lateralmente somente nos pontos A e B;
- Todas as cargas são permanentes e majoradas com $\gamma_g = 1,4$;

Dimensões:
L = (4.00 5.00 6.00) m **t_f = 12.5 mm** **t_w = 6.3 mm** **b_f = 150 mm**

Cargas permanentes em valor de cálculo:
M_{sd} = (150 200 280) kNm

Q01 – O fator Cb relativo à distribuição de momentos fletores na verificação FLT para a viga em questão é [adim.]?

2,1739

Q02 – A flecha limite definida conforme os critérios da norma NBR-8800:2008 para a viga em questão é [em cm]?

1,1429

Q03 – Qual a mínima altura **h_w** [em modulação de 5 mm] necessária para que a viga passe na verificação de esforços cortantes [em mm] ?

45

Q04 – Qual a mínima altura **h_w** [em modulação de 5 mm] necessária para que a viga passe na verificação FLA [em mm] ?

280

Q05 – Qual a mínima altura **h_w** [em modulação de 5 mm] necessária para que a viga passe na verificação de deslocamentos máximos [em mm] ?

155

Q06 – Qual a classificação da viga AB em relação a verificação FLT (com **h_w = 300 mm**) é:
(A) Viga Compacta (B) Viga Intermediária (C) Viga Longa (D) Viga Curta (D) Viga Semiesbelta

Q07 – Qual o momento resistente da viga em relação a verificação FLT [em kNm e com **h_w = 300 mm**]

165,38

Q08 – O limite de esbeltez λ_r relativo a verificação FLT da viga (com **h_w = 300 mm**) é [adim.] ?

155,93

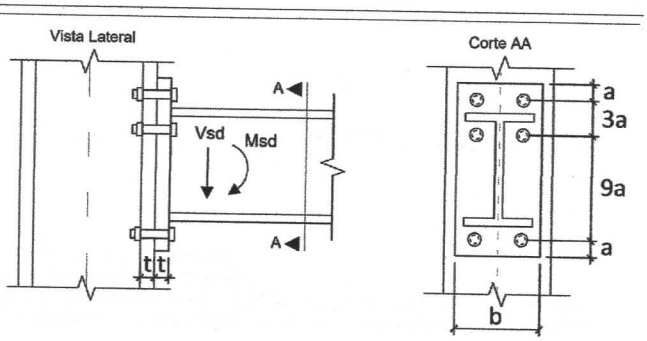
Q09 – A viga (com **h_w = 300 mm**) atende a verificação FLT? Qual a razão Momento Solicitante / Momento Resistente nesta verificação ?

SIM 0,9070

Problema B : **[0.625 pontos por questão]**

Para a **ligação do tipo contato** esboçada ao lado proceder as verificações de:

- Corte nos Parafusos
- Tração nos Parafusos
- Tração e Corte Simultâneos nos Parafusos
- Pressão de Contato e Rasgamento de Chapa



Dados:

- Aço das Chapas Componentes: **AR350** (f_y = 35 kN/cm² / f_u = 45 kN/cm²) ;
- Parafusos **A325 d = (3/4 pol. , 7/8 pol., 5/8 pol.)** em furos padrão;
- Considerar planos de corte passantes nas roscas dos parafusos;
- A ovalização dos furos é uma limitação de projeto;
- **Vsd = 200 kN** (esforço cortante solicitante em valor de cálculo);
- **Msd = 150 kNm** (momento fletor solicitante em valor de cálculo);

Dimensões:

b = 220 mm t = 10 mm a = 30 mm

Q01 – Considerando o equilíbrio de momentos estáticos qual a posição estimada da linha neutra (LN) a partir da base da chapa de ligação [cm]?

5,4839

Q02 – Dado o cálculo da posição da LN qual o momento de inércia da seção composta (equivalente) da ligação [em cm⁴] ?

11039

Q03 – Qual o total de resistência ao corte do conjunto de parafusos que compõe a ligação [kN]?

418,12

Q04 – Qual a resistência à pressão de contato / rasgamento de chapa do parafuso mais desfavorável da ligação [kN]?

78,9

Q05 – Respectivamente, quais são as máximas solicitações de corte e tração que ocorrem por parafuso na ligação [kN e kN] ?

33,333 / 129,8

Q06 – Considerando a atuação do esforço de corte total **Vsd = 200 kN** (no conjunto de parafusos) qual seria a **máxima força de tração solicitante que poderia incidir no parafuso mais solicitado** de modo que a ligação ainda atenda a verificação de tração e corte simultâneos [kN] ?

114,74

Q07 – Assinale abaixo quais verificações dentre as solicitadas **NÃO foram atendidas** e caso todas tenham sido atendidas assinale somente a alternativa (E):

(A) Corte nos Parafusos
(B) Tração nos Parafusos
(C) Tração e Corte Simultâneos nos Parafusos
(D) Pressão de Contato e Rasgamento de Chapa
(E) Todas foram atendidas

AM191 - B2-C PROBLEMA A $L = 4m$ $M_{sd} = 150 kNm$

- cálculo de Cb:

$$\delta(x) = \frac{ML^2}{4EI}\left(-\frac{x^3}{L^3} + 2\frac{x^2}{L^2} - \frac{x}{L}\right)$$

$$\frac{d\delta(x)}{dx} = \theta(x) = \frac{ML^2}{4EI}\left(-3\frac{x^2}{L^3} + 4\frac{x}{L^2} - \frac{1}{L}\right)$$

$$\frac{d^2\delta(x)}{dx^2} EI = M(x) = \frac{ML^2}{4}\left(-6\frac{x}{L^3} + \frac{4}{L^2}\right)$$

$$\frac{d^3\delta(x)}{dx^3} EI = V(x) = \frac{ML^2}{4}\left(-\frac{6}{L^3}\right) = -\frac{3}{2}\frac{M}{L}$$

$$M(x) = M\left(-\frac{3}{2}\frac{x}{L} + 1\right) = 150\left(-\frac{3}{2}\frac{x}{4} + 1\right) = -56{,}25x + 150$$

$V_{max} = 56{,}25 kN$

$M_A = -56{,}25\left(\frac{1}{4} \times 4\right) + 150 = 93{,}75$

$M_B = -56{,}25\left(\frac{2}{4} \times 4\right) + 150 = 37{,}5$

$M_C = -56{,}25\left(\frac{3}{4} \times 4\right) + 150 = -18{,}75$

$M_O = -56{,}25(0) + 150 = +150 \; (M_{max})$

$M_L = -56{,}25 \times 4 + 150 = -75$

$$C_b = \frac{12{,}5 \times 150}{2{,}5 \times 150 + 3 \times 93{,}75 + 4 \times 37{,}5 + 3 \times 18{,}75} = 2{,}1739$$

- Flecha limite: $\delta_{lim} = \frac{L}{350} = \frac{400 cm}{350} = 1{,}1429 cm$
- Verif. de corte: (assumindo alma compacta)

$$V_{Rd} = \frac{0{,}60 \times (1{,}25 \times 2 + h_w) \times 963 \times 25}{1{,}1} = 8{,}5909 h_w + 21{,}477$$

$V_{Rd} = V_{sd} \Rightarrow 8{,}5909 h_w + 21{,}477 = 56{,}25 \rightarrow h_w = 4{,}0476 cm$

$= 45 mm$

- Verif FLA: (Assumindo alma compacta)

$$M_{Rd} = \frac{Z_x \cdot 25 kN/cm^2}{1{,}1} = 15000 kNcm \quad (M_{Rd} = M_{sd})$$

$Z_{c\,NEC} = 15000 \times 1{,}1/25 = 660\,cm^3$

$2\left(15 \times 1{,}25\left(h_w/2 + 1{,}25/2\right) + h_w^2/8\ 963\right) = 660 \rightarrow h_w = 27{,}567\,cm$

$\simeq 280\,mm$

$\lambda_{PFLT} = 3{,}76\sqrt{\frac{20000}{25}} = 106{,}35 > \frac{280}{63} = 44{,}444$ ok compacta!

- Verificação de Flecha:

$$\delta_{calc} = \frac{1}{27}\,\frac{15000\,kN/cm/1{,}4 \times (400\,cm)^2}{20000\,kN/cm^2 \cdot I_x} = 3174{,}6/I_x$$

$\delta_{LIM} = \delta_{calc} \rightarrow 1{,}1429\,cm = 3174{,}6/I_x \rightarrow I_{x_{NEC}} = 2777{,}7\,cm^4$

$$\frac{15(2 \times 1{,}25 + h_w)^3}{12} - \frac{(15 - 0{,}63)\,h_w^3}{12} = 2777{,}7 \rightarrow h_w = 15{,}349\,cm$$

$\simeq 155\,mm$

- Verificação FLT p/ $h = 300\,mm$:

$I_x = 10578\,cm^4$ $\quad Z_x = 727{,}69\,cm^3$ $\quad J = 22{,}032\,cm^4$ $\quad A_g = 56{,}4\,cm^2$

$W_x = 650{,}93\,cm^3$ $\quad I_y = 703{,}75\,cm^4$ $\quad r_y = \sqrt{\frac{703{,}75}{56{,}4}} = 3{,}5324\,cm$

$C_w = 703{,}75\,(30 + 1{,}25)^2/4 = 171{,}814\,cm^6$

$\beta_1 = 0{,}7 \times 25 \times 650{,}93 / 20000 \times 22{,}032 = 0{,}025817/cm$

$\lambda_{FLT} = \frac{400\,cm}{3{,}5324\,cm} = 113{,}24$ $\quad \lambda_{PFLT} = 1{,}76\sqrt{\frac{20000}{25}} = 49{,}78$

$$\lambda_{rFLT} = \frac{1{,}38\sqrt{703{,}75 \times 22{,}032}}{3{,}5324 \times 22{,}032 \times 0{,}025817}\sqrt{1 + \sqrt{1 + \frac{27 \times 171814 \times 0{,}025817^2}{703{,}75}}} = 155{,}93$$

Viga Intermediária;

$M_{pl} = 727{,}69 \times 25 = 18192\,kN.cm = 181{,}92\,kN.m$

$M_r = 0{,}7 \times 25 \times 650{,}93 = 11391\,kN.cm = 113{,}91\,kN.m$

$$M_{Rd} = \frac{2,1739}{1,1}\left[181,92 - (181,92 - 113,91)\frac{(113,24 - 49,78)}{(155,93 - 49,78}\right]$$

$M_{Rd} = 279,17\ kNm < \frac{M_{pl}}{\gamma a} = \frac{181,92}{1,1} = 165,38\ kNm$

$\frac{M_{sd}}{M_{Rd}} = \frac{150\ kNm}{165,38\ kNm} = 0,90706$

AM 191 - B2-C PROBLEMA B $d = 3/4'$

* Posição da L.N. e Inércia da seção composta:

$d = 3/4 \times 2,54cm = 1,905cm$ $\quad h = 14a = 14 \times 3 = 42cm$

$Ab = \pi/4 \times (1,905cm)^2 = 2,8502cm^2$

$\frac{22}{2} \cdot yc^2 = 2 \times 2,8502\left[(42 - 3 - yc) + (42 - 12 - yc)\right]$

$yc = 5,4839\ cm$

$I_{EQ} = 22 \cdot 5,4839^3/3 + 2 \times 2,8502\left[(39 - 5,4839)^2 + (30 - 5,4839)^2\right]$

$I_{EQ} = 11039\ cm^4$

* solicitações máximas nos parafusos

$Fv'sd = 200kN/6 = 33,333\ kN$

$Ft'sd = \frac{15000\ kN/cm}{11039cm^4} \times 2,8502cm^2 \times (39 - 5,4839)cm = 129,80\ kN$

* Resistência ao corte p/ plano de corte:

$Fv'Rd = 940 \times 2,8505cm^2 \times 82,5\ kN/cm^2/1,35 = 69,686\ kN > Fv'sd$

ok!

* Resistência à tração p/ parafuso

$$Ft'_{Rd} = 0{,}75 \times 2{,}8505\,cm^2 \times 82{,}5\,kN/cm^2 / 1{,}35 = 130{,}66\,kN > Ft'_{sd}$$

ok

* Máximo Ft'_{sd} p/ verificação simultânea de corte e tração:

$$\left(\frac{33{,}333}{69{,}686}\right)^2 + \left(\frac{Ft'_{sd}}{130{,}66}\right)^2 = 1 \qquad Ft'_{sd\,máx} = 114{,}74\,kN < Ft'_{sd}$$

Falha

$V_{Rd\,total} = 6 \times 69{,}686\,kN = 418{,}12\,kN$

* Pressão de contato e rasgamento de chapa

$$ll = 30\,mm - \tfrac{1}{2}(19{,}05 + 1{,}5)\,mm = 19{,}725\,mm$$

$$Fe'_{Rd} = \min \begin{cases} 1{,}2 \times 1{,}9725 \times 1 \times 45 / 1{,}35 = 78{,}9\,kN \\ 2{,}4 \times 1{,}905 \times 1 \times 45 / 1{,}35 = 152{,}4\,kN \end{cases} > Fv'_{sd}$$

ok

AM191-B2-PA_versao_C.txt

Dados :
Aco = MR250
L = 4 m
tf = 12.5 mm
tw = 6.3 mm
bf = 150 mm
Msd = 150 kNm
qsd = 0 kN/m
Psd = 0 kN

Respostas :
Q01) Cb = 2.1739
Q02) d_lim = 1.1429 cm
Q03) hw_corte = 45 mm
Q04) hw_FLA = 280 mm
Q05) hw_flecha = 155 mm
Q06) Tipo_FLT = B viga intermediaria
Q07) Mrd_FLT = 165.38 kNm
Q08) Lambda_R FLT = 155.74
Q09) Msd/Mrd (FLT)= SIM 0.90698

Dados :
Aco = MR250
L = 5 m
tf = 12.5 mm
tw = 6.3 mm
bf = 150 mm
Msd = 200 kNm
qsd = 0 kN/m
Psd = 0 kN

Respostas :
Q01) Cb = 2.1739
Q02) d_lim = 1.4286 cm
Q03) hw_corte = 45 mm
Q04) hw_FLA = 355 mm
Q05) hw_flecha = 200 mm
Q06) Tipo_FLT = B viga intermediaria
Q07) Mrd_FLT = 165.38 kNm
Q08) Lambda_R FLT = 155.74
Q09) Msd/Mrd (FLT)= NAO 1.2093

Dados :
Aco = MR250
L = 6 m
tf = 12.5 mm
tw = 6.3 mm
bf = 150 mm
Msd = 280 kNm
qsd = 0 kN/m
Psd = 0 kN

Respostas :
Q01) Cb = 2.1739
Q02) d_lim = 1.7143 cm
Q03) hw_corte = 60 mm
Q04) hw_FLA = 465 mm
Q05) hw_flecha = 260 mm
Q06) Tipo_FLT = C viga longa
Q07) Mrd_FLT = 165.38 kNm
Q08) Lambda_R FLT = 155.74
Q09) Msd/Mrd (FLT)= NAO 1.693

AM191-B2-PB_versao_C.txt

Dados :
Aco Chapa = AR350
Tipo Paraf = A325
Vsd = 200 kN
Msd = 150 kNm
d_paraf = 3/4 in
b = 220 mm
t = 10 mm
a = 30 mm

Respostas :
Q01) pos. LN = 5.4839 cm
Q02) Ieq = 11039 cm^4
Q03) Vrd_total = 418.03 kN
Q04) Fc_rd = 78.9 kN
Q05) Fv_sd, Ft_sd = 33.333 kN / 129.8 kN
Q06) Ft_max_sim = 114.71 kN
Q07) Não atendidas = ['C']

Dados :
Aco Chapa = AR350
Tipo Paraf = A325
Vsd = 200 kN
Msd = 150 kNm
d_paraf = 7/8 in
b = 220 mm
t = 10 mm
a = 30 mm

Respostas :
Q01) pos. LN = 6.3066 cm
Q02) Ieq = 14488 cm^4
Q03) Vrd_total = 568.99 kN
Q04) Fc_rd = 72.55 kN
Q05) Fv_sd, Ft_sd = 33.333 kN / 131.31 kN
Q06) Ft_max_sim = 166.46 kN
Q07) Não atendidas = ['E']

Dados :
Aco Chapa = AR350
Tipo Paraf = A325
Vsd = 200 kN
Msd = 150 kNm
d_paraf = 5/8 in
b = 220 mm
t = 10 mm
a = 30 mm

Respostas :
Q01) pos. LN = 4.6362 cm
Q02) Ieq = 7952.1 cm^4
Q03) Vrd_total = 290.3 kN
Q04) Fc_rd = 85.25 kN
Q05) Fv_sd, Ft_sd = 33.333 kN / 128.3 kN
Q06) Ft_max_sim = 65.755 kN
Q07) Não atendidas = ['B', 'C']