

**SERVIÇO SOCIAL DO COMÉRCIO – ADMINISTRAÇÃO REGIONAL DO
DISTRITO FEDERAL – SESC-AR/DF**

MEMORIAL DESCRITIVO

ESTRUTURAS METÁLICAS ESCADAS 1 E 2

Número do Documento: SESC-DF-MET-05 – RELATÓRIO TÉCNICO ESCADA
DATA: 14-10-2022
REV.: 0
RESP.: ENG ^a . LAURA MARIA PAES DE ABREU CREA MG 79979/D

SUMÁRIO:

1. DESCRIÇÃO.....	3
2. PREMISSAS GERAIS.....	3
3. CARREGAMENTOS CONSIDERADOS.....	4
3.1. Cargas gravitacionais:	4
3.2. Ventos	4
4. COMBINAÇÕES DE CÁLCULO	4
5. VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL	5
5.1. Geometria	5
5.2. Análise Estrutural	7
5.3. Verificação do Perfil W250x17,9 (crít)	8
5.4. Verificação do Perfil W250x32,7 (crít)	8
5.5. Verificação do pilar W250x73 (crít).....	10
5.6. Verificação da Viga de transição W530x82,0	11
5.7. Verificação flecha crítica.....	12
5.8. Verificação das ligações.....	13

1. DESCRIÇÃO

Cálculo e especificação das vigas internas da torre de escada do prédio SESC – DF: estudo dos patamares e vigas inclinadas dos avanços das escadas.

2. PREMISSAS GERAIS

- ✓ A estrutura do prédio já foi executada, e a verificação das vigas e pilares ligadas às lajes de piso deve ser consultada na memória de cálculo do prédio..
- ✓ Informações adicionais:
 - Degraus em chapa formada a frio, astm a36, preenchida de concreto;
 - Perfil I laminado Aço A572 Gr.50 $f_y=345$ MPa.

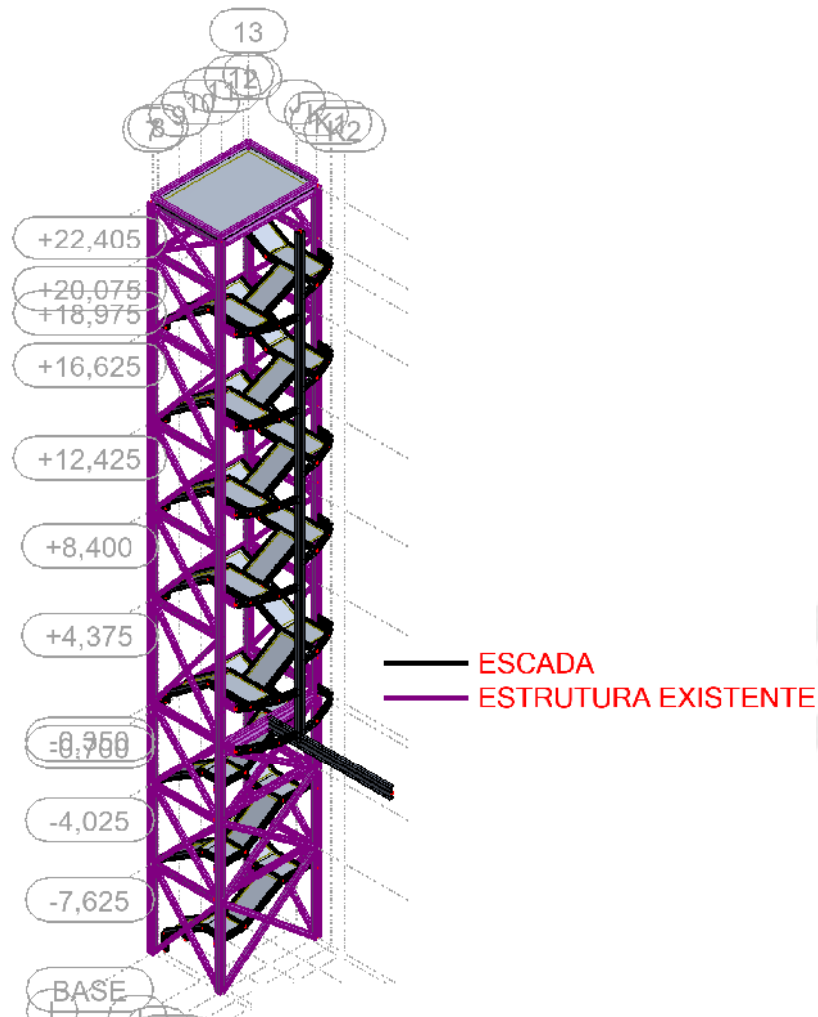


Figura 1 – Vista espacial da estrutura da Torre de Escada

3. CARREGAMENTOS CONSIDERADOS

3.1. Cargas gravitacionais:

- ✓ Peso próprio da estrutura: conforme verificação do programa de cálculo
- ✓ Peso próprio de degraus e lajes dos patamares (valor médio): $2,50 \text{ kN/m}^2$
- ✓ Sobrecarga: $2,5 \text{ kN/m}^2$
- ✓ Foi considerado no topo da torre uma caixa d'água de volume 38 mil litros.

3.2. Ventos

- ✓ Não foram consideradas ações de vento efetivas pois as torres estão estabilizadas nas lajes do prédio principal.

4. COMBINAÇÕES DE CÁLCULO

1,35CP1+1,5SC

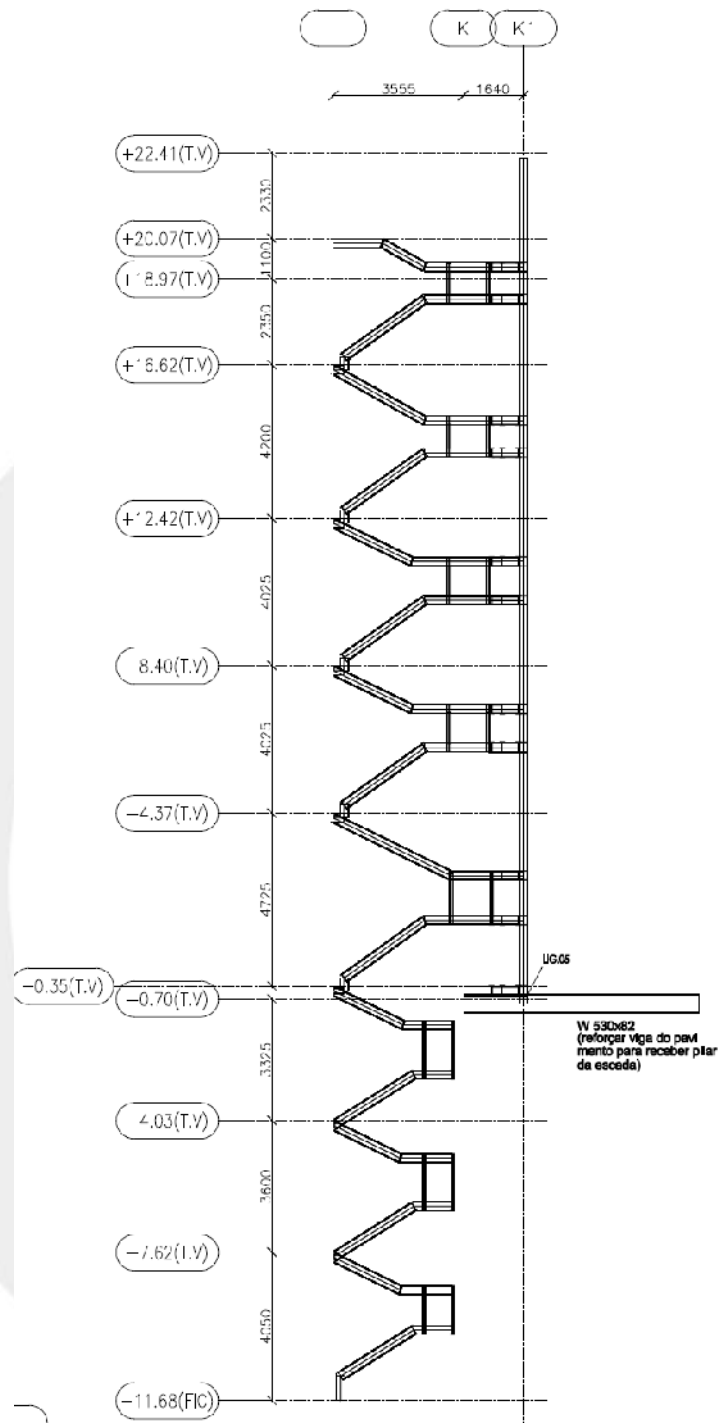


Figura 4 – Elevação das pernas e patamares das escadas

5.2. Análise Estrutural

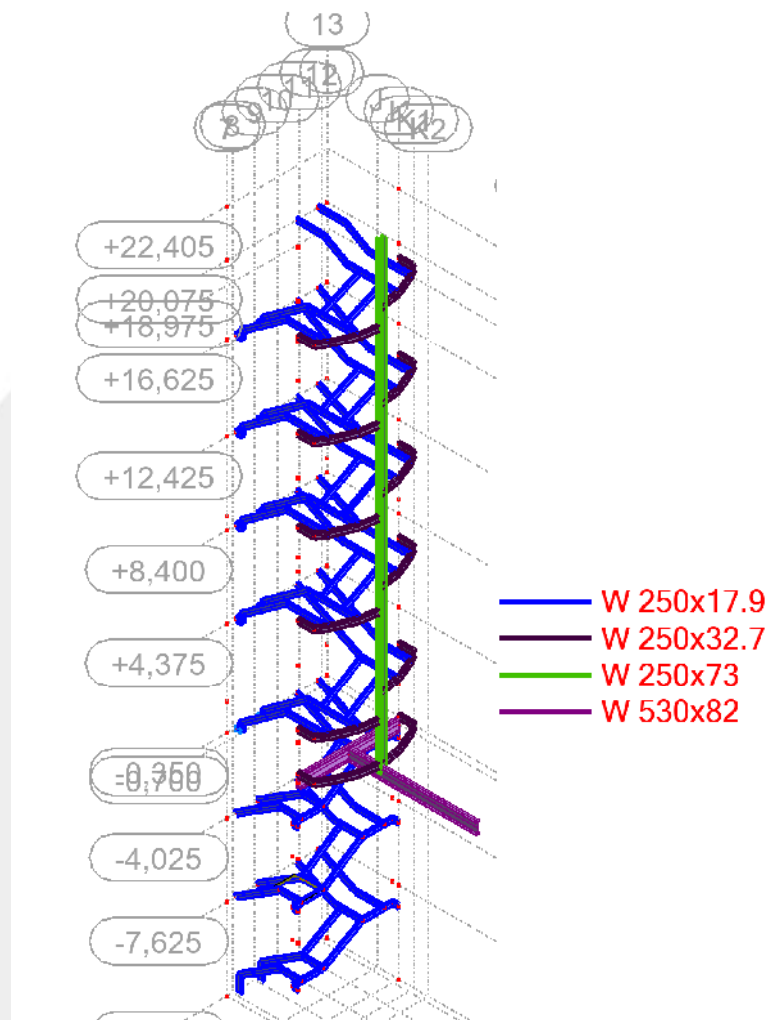


Figura 5 – Materiais das Barras da estrutura da escada (interna)

5.3. Verificação do Perfil W250x17,9 (crít)

PROJETO DE AÇO

NORMA: NBR 8800:2008 An Brazilian National Standard, Jan 12, 2013
TIPO DE ANÁLISE: Verificação de membro

GRUPO DE NORMAS:

MEMBRO: 196 Barra simples_196
L = 0.000 m

PONTO: 1

COORDENADAS: x = 0.00

CARGAS:

Caso de carga atuante: 3 COMB1 1*1.40+2*1.50

MATERIAL:

ASTM A572 Gr.50 Fy = 345.00 MPa Fu = 450.00 MPa E = 200000.00 MPa



PARÂMETROS DA SEÇÃO: W 250x17.9

d=25.1 cm	Ay=10.71 cm ²	Az=12.05 cm ²	Ax=23.10 cm ²
bf=10.1 cm	Iy=2291.00 cm ⁴	Iz=91.00 cm ⁴	J=1.89 cm ⁴
tw=0.5 cm	Sy=182.55 cm ³	Sz=18.02 cm ³	
tf=0.5 cm	Zy=211.41 cm ³	Zz=28.84 cm ³	

PARÂMETROS DE MEMBRO:



Lcy = 1.520 m
Ky = 1.00
Xy = 0.98



Lcz = 1.520 m
Kz = 1.00
Xz = 0.65



Lb = 1.520 m
Cb = 1.00

FORÇAS INTERNAS:

T,Sd = 2.76 kgf*m	tauTy,Sd = 7.59 MPa
	tauTz,Sd = 6.88 MPa
Nc,Sd = 434.28 kgf	
My,Sd = 2814.28 kgf*m	Vy,Sd = -13.72 kgf
Mz,Sd = 6.96 kgf*m	Vz,Sd = -1561.50 kgf

RESISTÊNCIAS DO PROJETO

Nc,Rd = 47766.90 kgf	
My,Rd = 5592.91 kgf*m	Vy,Rd = 20543.96 kgf
Mz,Rd = 852.61 kgf*m	Vz,Rd = 23119.15 kgf

FATORES DE SEGURANÇA

ga2 = 1.35 ga1 = 1.10

ELEMENTOS DE SEÇÃO:

Mesa = Não compacto Alma = Esbelto

FÓRMULAS DE VERIFICAÇÃO:

$N_{c,Sd} / (2 * N_{c,Rd}) + M_{y,Sd} / M_{y,Rd} + M_{z,Sd} / M_{z,Rd} = 0.52 < 1.00$ (5.5.1.2.b) Verificado
 $V_{y,Sd} / V_{y,Rd} + \tau_{Ty,Sd} / (0.6 * F_y / g_{a1}) = 0.04 < 1.00$ (5.4.3) Verificado
 $V_{z,Sd} / V_{z,Rd} + \tau_{Tz,Sd} / (0.6 * F_y / g_{a1}) = 0.10 < 1.00$ (5.4.3) Verificado
 $L_{cy} / r_y = 15.26 < (L_c / r)_{max} = 200.00$ $L_{cz} / r_z = 76.58 < (L_c / r)_{max} = 200.00$ ESTÁVEL

Seção OK !!!

5.4. Verificação do Perfil W250x32,7 (crít)

PROJETO DE AÇO

NORMA: NBR 8800:2008 An Brazilian National Standard, Jan 12, 2013
TIPO DE ANÁLISE: Verificação de membro

GRUPO DE NORMAS:

MEMBRO: 231 Barra simples_231
L = 0.000 m

PONTO: 1

COORDENADAS: x = 0.00

CARGAS:

Caso de carga atuante: 3 COMB1 1*1.40+2*1.50

MATERIAL:

ASTM A572 Gr.50 Fy = 345.00 MPa Fu = 450.00 MPa E = 200000.00 MPa



PARÂMETROS DA SEÇÃO: W 250x32.7

d=25.8 cm	Ay=26.57 cm ²	Az=15.74 cm ²	Ax=42.10 cm ²
bf=14.6 cm	Iy=4937.00 cm ⁴	Iz=473.00 cm ⁴	J=9.15 cm ⁴
tw=0.6 cm	Sy=382.71 cm ³	Sz=64.79 cm ³	
tf=0.9 cm	Zy=428.28 cm ³	Zz=99.66 cm ³	

PARÂMETROS DE MEMBRO:



Flambagem Y



Flambagem Z



Lb = 0.525 m
Cb = 1.00

FORÇAS INTERNAS:

T,Sd = 65.69 kgf*m
tauTy,Sd = 64.07 MPa
tauTz,Sd = 42.95 MPa

Nt,Sd = -265.52 kgf
My,Sd = -57.99 kgf*m
Mz,Sd = -8.81 kgf*m
Vy,Sd = -392.94 kgf
Vz,Sd = 897.69 kgf

RESISTÊNCIAS DO PROJETO

Nt,Rd = 134644.26 kgf
My,Rd = 13697.37 kgf*m
Mz,Rd = 3108.39 kgf*m
Vy,Rd = 50989.56 kgf
Vz,Rd = 30199.97 kgf

FATORES DE SEGURANÇA

ga2 = 1.35 ga1 = 1.10

ELEMENTOS DE SEÇÃO:

Mesa = Compacto Alma = Compacto

FÓRMULAS DE VERIFICAÇÃO:

$Nt,Sd / (2 * Nt,Rd) + My,Sd / My,Rd + Mz,Sd / Mz,Rd = 0.01 < 1.00$ (5.5.1.2.b) Verificado
 $Vy,Sd / Vy,Rd + tauTy,Sd / (0.6 * Fy / ga1) = 0.35 < 1.00$ (5.4.3) Verificado
 $Vz,Sd / Vz,Rd + tauTz,Sd / (0.6 * Fy / ga1) = 0.26 < 1.00$ (5.4.3) Verificado
 $Lcy / ry = 4.84 < (Lc / r)_{max} = 300.00$ $Lcz / rz = 15.65 < (Lc / r)_{max} = 300.00$ ESTÁVEL

Seção OK !!!

5.5. Verificação do pilar W250x73 (crít)

PROJETO DE AÇO

NORMA: NBR 8800:2008 An Brazilian National Standard, Jan 12, 2013

TIPO DE ANÁLISE: Verificação de membro

GRUPO DE NORMAS:

MEMBRO: 6 PILAR ESCADA_6

L = 2.275 m

PONTO: 1

COORDENADAS: x = 0.10

CARGAS:

Caso de carga atuante: 3 COMB1 1*1.40+2*1.50

MATERIAL:

ASTM A572 Gr.50 Fy = 345.00 MPa Fu = 450.00 MPa E = 200000.00 MPa



PARÂMETROS DA SEÇÃO: W 250x73

d=25.3 cm

Ay=72.14 cm²

Az=21.76 cm²

Ax=92.70 cm²

bf=25.4 cm

Iy=11257.00 cm⁴

Iz=3880.00 cm⁴

J=53.25 cm⁴

tw=0.9 cm

Sy=889.88 cm³

Sz=305.51 cm³

tf=1.4 cm

Zy=982.87 cm³

Zz=463.05 cm³

PARÂMETROS DE MEMBRO:



Lcy = 1.225 m



Lcz = 1.225 m

Ky = 1.00

Kz = 1.00

Xy = 0.99

Xz = 0.97

FORÇAS INTERNAS:

T,Sd = -0.60 kgf*m

tauTy,Sd = 0.16 MPa

tauTz,Sd = 0.10 MPa

Nc,Sd = 17901.59 kgf

My,Sd = -1752.63 kgf*m

Mz,Sd = -364.01 kgf*m

Vy,Sd = -364.45 kgf

Vz,Sd = 80.87 kgf

RESISTÊNCIAS DO PROJETO

Nc,Rd = 288160.39 kgf

My,Rd = 31434.11 kgf*m

Mz,Rd = 14656.32 kgf*m

Vy,Rd = 138423.25 kgf

Vz,Rd = 41751.87 kgf

FATORES DE SEGURANÇA

ga2 = 1.35

ga1 = 1.10

ELEMENTOS DE SEÇÃO:

Mesa = Compacto

Alma = Compacto

FÓRMULAS DE VERIFICAÇÃO:

$N_{c,Sd}/(2*N_{c,Rd}) + M_{y,Sd}/M_{y,Rd} + M_{z,Sd}/M_{z,Rd} = 0.11 < 1.00$ (5.5.1.2.b) Verificado

$V_{y,Sd}/V_{y,Rd} + \tau_{Ty,Sd}/(0.6*F_y/ga1) = 0.00 < 1.00$ (5.4.3) Verificado

$V_{z,Sd}/V_{z,Rd} + \tau_{Tz,Sd}/(0.6*F_y/ga1) = 0.00 < 1.00$ (5.4.3) Verificado

$L_{cy}/r_y = 11.12 < (L_c/r)_{max} = 200.00$ $L_{cz}/r_z = 18.93 < (L_c/r)_{max} = 200.00$ ESTÁVEL

Seção OK !!!

5.6. Verificação da Viga de transição W530x82,0

PROJETO DE AÇO

NORMA: NBR 8800:2008 An Brazilian National Standard, Jan 12, 2013

TIPO DE ANÁLISE: Verificação de membro

GRUPO DE NORMAS:

MEMBRO: 201 Barra simples_201
L = 1.640 m

PONTO: 1

COORDENADAS: x = 0.25

CARGAS:

Caso de carga atuante: 3 COMB1 1*1.40+2*1.50

MATERIAL:

ASTM A572 Gr.50 Fy = 345.00 MPa Fu = 450.00 MPa E = 200000.00 MPa



PARÂMETROS DA SEÇÃO: W 530x82

d=52.8 cm	Ay=55.59 cm ²	Az=50.16 cm ²	Ax=104.50 cm ²
bf=20.9 cm	Iy=47569.00 cm ⁴	Iz=2028.00 cm ⁴	J=47.11 cm ⁴
tw=0.9 cm	Sy=1801.86 cm ³	Sz=194.07 cm ³	
tf=1.3 cm	Zy=2059.47 cm ³	Zz=302.75 cm ³	

PARÂMETROS DE MEMBRO:



Lcy = 6.445 m
Ky = 1.00
Xy = 0.94



Lcz = 6.445 m
Kz = 1.00
Xz = 0.23



Lb = 6.445 m
Cb = 1.00

FORÇAS INTERNAS:

Nc,Sd = 310.51 kgf
My,Sd = 24630.57 kgf*m Vy,Sd = 0.85 kgf
Mz,Sd = 4.07 kgf*m Vz,Sd = -4844.67 kgf

RESISTÊNCIAS DO PROJETO

Nc,Rd = 78349.83 kgf
My,Rd = 28791.48 kgf*m Vy,Rd = 106680.47 kgf
Mz,Rd = 9309.98 kgf*m Vz,Rd = 96253.05 kgf

FATORES DE SEGURANÇA

ga2 = 1.35 ga1 = 1.10

ELEMENTOS DE SEÇÃO:

Mesa = Compacto Alma = Esbelto

FÓRMULAS DE VERIFICAÇÃO:

$N_{c,Sd} / (2 * N_{c,Rd}) + M_{y,Sd} / M_{y,Rd} + M_{z,Sd} / M_{z,Rd} = 0.86 < 1.00$ (5.5.1.2.b) Verificado
 $V_{y,Sd} / V_{y,Rd} = 0.00 < 1.00$ (5.4.3) Verificado
 $V_{z,Sd} / V_{z,Rd} = 0.05 < 1.00$ (5.4.3) Verificado
 $L_{cy} / r_y = 30.21 < (L_c / r)_{max} = 200.00$ $L_{cz} / r_z = 146.30 < (L_c / r)_{max} = 200.00$ ESTÁVEL

Seção OK !!!

5.7. Verificação flecha crítica

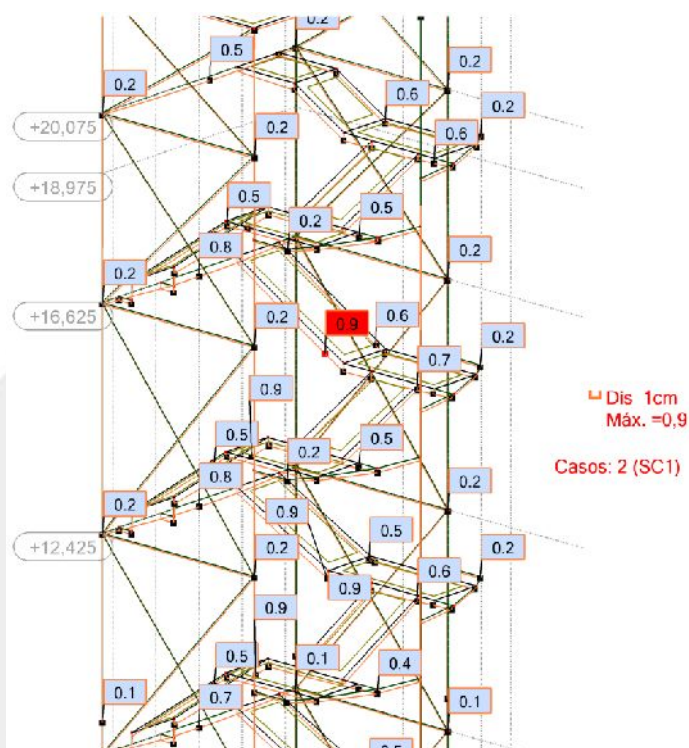


Figura 6 – Flecha crítica

$$\Delta_{\text{lim}} = L/350 = 520/350 = 1,5 \text{ cm} > 0,9 \text{ cm} \rightarrow \text{OK!}$$

5.8. Verificação das ligações



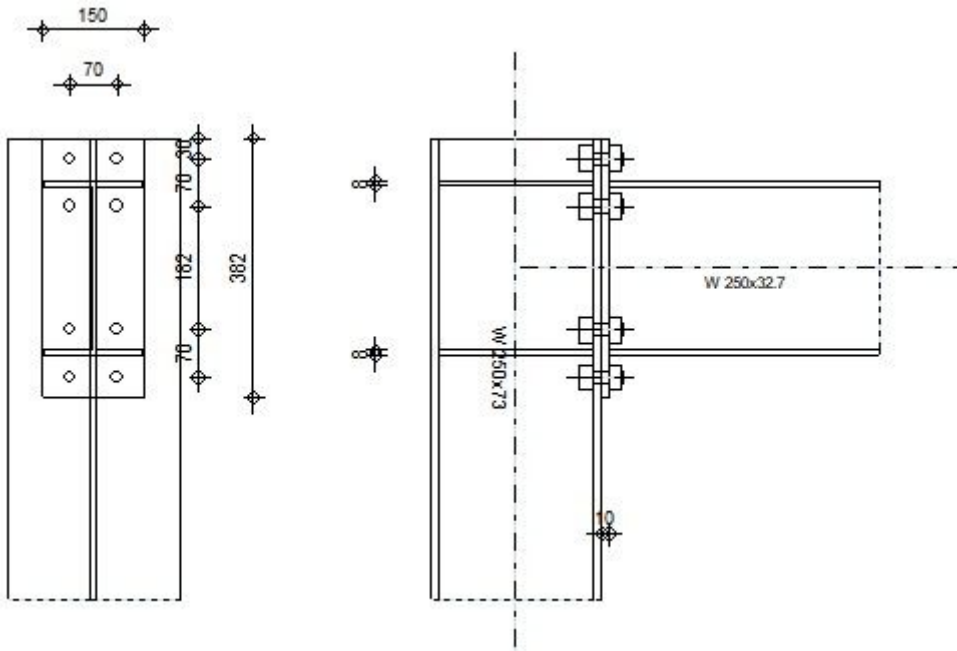
Robot Structural Analysis Professional 2023

Projeto de conexão viga-para-coluna fixa

EN 1993-1-8:2005/AC:2009



Relação
0,20



Geral

Nº de conexão: 1
Nome da conexão: LIGAÇÃO03

Geometria

Coluna

Seção: W 250x73

$\alpha =$	-90,0	[Deg]	Âng. de inclinação
$h_c =$	253	[mm]	Altura da seção da coluna
$b_{fc} =$	254	[mm]	Largura da seção da coluna
$t_{wc} =$	9	[mm]	Espessura da alma da seção da coluna
$t_{fc} =$	14	[mm]	Espessura da mesa da seção da coluna
$r_c =$	12	[mm]	Raio de concordância de seção da coluna
$A_c =$	92,70	[cm ²]	Área de seção transversal do pilar
$I_{xc} =$	11257,00	[cm ⁴]	Momento de inércia da seção do pilar

Material: ASTM A572 Gr. 50
 $f_{yc} =$ 345,00 [MPa] Resistência

Viga

Seção: W 250x32.7

$\alpha =$	0,0	[Deg]	Âng. de inclinação
$h_b =$	258	[mm]	Altura da seção da viga
$b_f =$	146	[mm]	Largura da seção da viga
$t_{wb} =$	6	[mm]	Espessura da alma da seção da viga
$t_{fb} =$	9	[mm]	Espessura da mesa da seção da viga
$r_b =$	10	[mm]	Raio de concordância da seção da viga
$r_b =$	10	[mm]	Raio de concordância da seção da viga
$A_b =$	42,10	[cm ²]	Área de seção transversal da viga
$I_{xb} =$	4937,00	[cm ⁴]	Momento de inércia da seção da viga

Material: ASTM A572 Gr. 50
 $f_{yb} =$ 345,00 [MPa] Resistência

Parafusos

O plano de cisalhamento passa através da parte ROQUEADA do parafuso.

$d =$	19	[mm]	Diâmetro do parafuso
Classe =	A325		Classe do parafuso
$F_{TRd} =$	17322,15	[kgf]	Resistência à tensão de um parafuso
$n_h =$	2		Número de colunas de parafusos
$n_v =$	4		Número de linhas de parafusos
$h_1 =$	30	[mm]	Distância entre o primeiro parafuso e a borda superior da placa frontal
Espaçamento horizontal $e_1 =$	70	[mm]	
Espaçamento vertical $p_1 =$	70;182;70	[mm]	

Placa

$h_p =$	382	[mm]	Altura da placa
$b_p =$	150	[mm]	Largura da placa
$t_p =$	10	[mm]	Espessura da placa

Material: ASTM A572 Gr. 50

$f_{yp} =$ 345,00 [MPa] Resistência

Enrijecedor da coluna

Superior

$h_{su} =$	225	[mm]	Altura do enrijecedor
$b_{su} =$	123	[mm]	Largura do enrijecedor
$t_{hu} =$	8	[mm]	Espessura do enrijecedor

Material: ASTM A572 Gr. 50

$f_{ysu} =$ 345,00 [MPa] Resistência

Inferior

$h_{sd} =$	225	[mm]	Altura do enrijecedor
$b_{sd} =$	123	[mm]	Largura do enrijecedor
$t_{hd} =$	8	[mm]	Espessura do enrijecedor

Material: ASTM A572 Gr. 50

$f_{ysu} =$ 345,00 [MPa] Resistência

Soldas de concordância

$a_w =$	6	[mm]	Solda da alma
$a_t =$	6	[mm]	Solda da mesa
$a_s =$	6	[mm]	Solda do enrijecedor

Fatores de material

$\gamma_{M0} =$	1,00	Fator de segurança parcial	[2.2]
$\gamma_{M1} =$	1,00	Fator de segurança parcial	[2.2]
$\gamma_{M2} =$	1,25	Fator de segurança parcial	[2.2]
$\gamma_{M3} =$	1,25	Fator de segurança parcial	[2.2]

Cargas

Estado limite definitivo

Caso: Cálculos manuais.

$M_{b1,Ed} =$	1700,00	[kgf*m]	Momento fletor na viga direita
$V_{b1,Ed} =$	4200,00	[kgf]	Força de cisalhamento na viga direita
$N_{b1,Ed} =$	100,00	[kgf]	Força axial na viga direita

Resultados

Resistências da viga

TRAÇÃO

$A_b =$	42,10	[cm ²]	Área	EN1993-1-1:[6.2.3]
$N_{tb,Rd} = A_b f_{yb} / \gamma_{M0}$				
$N_{tb,Rd} =$	148108,68	[kgf]	Resistência do projeto da seção à tração	EN1993-1-1:[6.2.3]

CISALHAMENTO

$A_{vb} =$	17,88	[cm ²]	Área de cisalhamento	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$V_{cb,Rd} = A_{vb} (f_{yb} / \sqrt{3}) / \gamma_{M0}$				
$V_{cb,Rd} =$	36326,56	[kgf]	Resistência do projeto da seção ao cisalhamento	EN1993-1-1:[6.2.6.(2)]
$V_{b1,Ed} / V_{cb,Rd} \leq 1,0$			0,12 < 1,00	verificado (0,12)

FLEXÃO - MOMENTO PLÁSTICO (SEM REFORÇOS)

$W_{plb} =$	428,28	[cm ³]	Módulo plástico da seção	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]
$M_{b,pl,Rd} = W_{plb} f_{yb} / \gamma_{M0}$				
$M_{b,pl,Rd} =$	15067,11	[kgf*m]	Resistência plástica da seção em flexão (sem enrijecedores)	EN1993-1-1:[6.2.5.(2)]

FLEXÃO NA SUPERFÍCIE DE CONTATO COM A PLACA OU COM O ELEMENTO CONECTADO

$W_{pl} =$	428,28	[cm ³]	Módulo plástico da seção	EN1993-1-1:[6.2.5]
$M_{cb,Rd} = W_{pl} f_{yb} / \gamma_{M0}$				
$M_{cb,Rd} =$	15067,11	[kgf*m]	Resistência do projeto da seção em flexão	EN1993-1-1:[6.2.5]

MESA E ALMA - COMPRESSÃO

$M_{cb,Rd} =$	15067,11	[kgf*m]	Resistência do projeto da seção em flexão	EN1993-1-1:[6.2.5]
$h_f =$	249	[mm]	Distância entre os centroides das mesas	[6.2.6.7.(1)]
$F_{c,fb,Rd} = M_{cb,Rd} / h_f$				

$F_{c,fb,Rd} = 60534,78$ [kgf] Resistência da mesa e da alma comprimidas

[6.2.6.7.(1)]

Resistências da coluna

PANEL DA ALMA - CISALHAMENTO

$M_{b1,Ed} = 1700,00$ [kgf*m] Momento fletor (viga direita) [5.3.(3)]

$M_{b2,Ed} = 0,00$ [kgf*m] Momento fletor (viga esquerda) [5.3.(3)]

$V_{c1,Ed} = 0,00$ [kgf] Força de cisalhamento (coluna inferior) [5.3.(3)]

$V_{c2,Ed} = 0,00$ [kgf] Força de cisalhamento (coluna superior) [5.3.(3)]

$z = 250$ [mm] Braço da alavanca [6.2.5]

$$V_{wp,Ed} = (M_{b1,Ed} - M_{b2,Ed}) / z - (V_{c1,Ed} - V_{c2,Ed}) / 2$$

$V_{wp,Ed} = 6787,78$ [kgf] Força de cisalhamento no painel da alma [5.3.(3)]

$A_{vs} = 25,14$ [cm²] Área de cisalhamento da alma do pilar EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$A_{vc} = 25,14$ [cm²] Área de cisalhamento EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$d_s = 250$ [mm] Distância entre os centroides dos enrijecedores [6.2.6.1.(4)]

$M_{pl,fc,Rd} = 450,45$ [kgf*m] Resistência plástica da mesa da coluna em flexão [6.2.6.1.(4)]

$M_{pl,stu,Rd} = 142,97$ [kgf*m] Resistência plástica do enrijecedor transversal superior em flexão [6.2.6.1.(4)]

$M_{pl,sti,Rd} = 142,97$ [kgf*m] Resistência plástica do enrijecedor transversal inferior em flexão [6.2.6.1.(4)]

$$V_{wp,Rd} = 0.9 (A_{vs} f_{yc}) / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) + \min(4 M_{pl,fc,Rd} / d_s, (2 M_{pl,fc,Rd} + M_{pl,stu,Rd} + M_{pl,sti,Rd}) / d_s)$$

$V_{wp,Rd} = 50697,17$ [kgf] Resistência do painel da alma do pilar em cisalhamento [6.2.6.1]

$V_{wp,Ed} / V_{wp,Rd} \leq 1,0$ $0,13 < 1,00$ **verificado** (0,13)

ALMA - COMPRESSÃO TRANSVERSAL - NÍVEL DA MESA INFERIOR DA VIGA

Apoios:

$t_{wc} = 9$ [mm] Espessura efetiva da alma do pilar [6.2.6.2.(6)]

$b_{eff,c,wc} = 176$ [mm] Largura efetiva da alma em compressão [6.2.6.2.(1)]

$A_{vc} = 25,14$ [cm²] Área de cisalhamento EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$\omega = 0,82$ Fator de redução para a interação com o cisalhamento [6.2.6.2.(1)]

$\sigma_{com,Ed} = 0,00$ [MPa] Tensão de compressão máxima na alma [6.2.6.2.(2)]

$k_{wc} = 1,00$ Fator de redução condicionado pelas tensões de compressão [6.2.6.2.(2)]

$A_s = 16,37$ [cm²] Área do enrijecedor da alma EN1993-1-1:[6.2.4]

$$F_{c,wc,Rd1} = \omega k_{wc} b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M0} + A_s f_{ys} / \gamma_{M0}$$

$F_{c,wc,Rd1} = 101506,45$ [kgf] Resistência da alma do pilar [6.2.6.2.(1)]

Flambagem:

$d_{wc} = 201$ [mm] Altura da alma comprimida [6.2.6.2.(1)]

$\lambda_p = 0,85$ Esbeltez da placa de um elemento [6.2.6.2.(1)]

$\rho = 0,90$ Fator de redução para a flambagem do elemento [6.2.6.2.(1)]

$\lambda_s = 2,69$ Elbeltez do enrijecedor EN1993-1-1:[6.3.1.2]

$\chi_s = 1,00$ Coeficiente de flambagem do enrijecedor EN1993-1-1:[6.3.1.2]

$$F_{c,wc,Rd2} = \omega k_{wc} \rho b_{eff,c,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{M1} + A_s \chi_s f_{ys} / \gamma_{M1}$$

$F_{c,wc,Rd2} = 97205,12$ [kgf] Resistência da alma do pilar [6.2.6.2.(1)]

Resistência final:

$$F_{c,wc,Rd,low} = \min(F_{c,wc,Rd1}, F_{c,wc,Rd2})$$

$F_{c,wc,Rd} = 97205,12$ [kgf] Resistência da alma do pilar [6.2.6.2.(1)]

Parâmetros geométricos da conexão

COMPRIMENTOS EFETIVOS E PARÂMETROS - MESA DA COLUNA

Nr	m	m _x	e	e _x	p	l _{eff,cp}	l _{eff,nc}	l _{eff,1}	l _{eff,2}	l _{eff,cp,q}	l _{eff,nc,q}	l _{eff,1,q}	l _{eff,2,q}
1	21	-	92	-	73	127	100	100	100	-	-	-	-
2	21	-	92	-	182	134	170	134	170	249	161	161	161
3	21	-	92	-	182	134	170	134	170	249	161	161	161
4	21	-	92	-	73	134	170	134	170	-	-	-	-

COMPRIMENTOS EFETIVOS E PARÂMETROS - PLACA DIANTEIRA

Nr	m	m _x	e	e _x	p	l _{eff,cp}	l _{eff,nc}	l _{eff,1}	l _{eff,2}	l _{eff,cp,g}	l _{eff,nc,g}	l _{eff,1,g}	l _{eff,2,g}
1	25	25	40	30	73	149	75	75	75	-	-	-	-
2	25	-	40	-	182	158	176	158	176	261	191	191	191
3	25	-	40	-	182	158	151	151	151	261	166	166	166
4	25	25	40	30	73	149	75	75	75	-	-	-	-

m – Distância entre o parafuso e a alma

m_x – Distância entre o parafuso e a mesa da viga

e – Distância entre o parafuso e a borda exterior

e_x – Distância entre o parafuso e a borda exterior horizontal

p – Distância entre parafusos

l_{eff,cp} – Comprimento efetivo de uma única fileira de parafusos no modo de falha circular

l_{eff,nc} – Comprimento efetivo de uma única fileira de parafusos no modo de falha não circular

l_{eff,1} – Comprimento efetivo de uma única fileira de parafusos para o modo 1

l_{eff,2} – Comprimento efetivo de uma única fileira de parafusos para o modo 2

l_{eff,cp,g} – Comprimento efetivo para um grupo de parafusos no modo de falha circular

l_{eff,nc,g} – Comprimento efetivo para um grupo de parafusos no modo de falha não circular

l_{eff,1,g} – Comprimento efetivo para um grupo de parafusos para o modo 1

m – Distância entre o parafuso e a alma
 $l_{eff,2,g}$ – Comprimento efetivo para um grupo de parafusos para o modo 2

Resistência da conexão à tração

$F_{t,Rd} = 17322,15$ [kgf] Resistência do parafuso a tensão [Tabela 3.4]
 $B_{p,Rd} = 19772,85$ [kgf] Resistência do parafuso ao cisalhamento de punção [Tabela 3.4]
 $N_{i,Rd} = \text{Min}(N_{t,Rd}, n_v n_h F_{t,Rd}, n_v n_h B_{p,Rd})$
 $N_{i,Rd} = 138577,19$ [kgf] Resistência da conexão à tração [6.2]

$N_{b1,Ed} / N_{i,Rd} \leq 1,0$ $0,00 < 1,00$ **verificado** (0,00)

Resistência da conexão à flexão

$F_{t,Rd} = 17322,15$ [kgf] Resistência do parafuso a tensão [Tabela 3.4]
 $B_{p,Rd} = 19772,85$ [kgf] Resistência do parafuso ao cisalhamento de punção [Tabela 3.4]
 $F_{t,fc,Rd}$ – resistência da mesa da coluna devida a flexão
 $F_{t,wc,Rd}$ – resistência da alma do pilar devida a tensão
 $F_{t,ep,Rd}$ – resistência da placa frontal devida a flexão
 $F_{t,wb,Rd}$ – resistência da alma em tensão
 $F_{t,fc,Rd} = \text{Min}(F_{t,1,fc,Rd}, F_{t,2,fc,Rd}, F_{t,3,fc,Rd})$ [6.2.6.4], [Tab.6.2]
 $F_{t,wc,Rd} = \omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{yc} / \gamma_{Mo}$ [6.2.6.3.(1)]
 $F_{t,ep,Rd} = \text{Min}(F_{t,1,ep,Rd}, F_{t,2,ep,Rd}, F_{t,3,ep,Rd})$ [6.2.6.5], [Tab.6.2]
 $F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{yb} / \gamma_{Mo}$ [6.2.6.8.(1)]

RESISTÊNCIA DA LINHA DE PARAFUSOS Nº 1

$F_{t1,Rd,comp}$ - Fórmula	$F_{t1,Rd,comp}$	Componente
$F_{t1,Rd} = \text{Min}(F_{t1,Rd,comp})$	10465,41	Resistência da linha de parafusos
$F_{t,fc,Rd(1)} = 26666,08$	26666,08	Mesa da coluna - tração
$F_{t,wc,Rd(1)} = 28200,99$	28200,99	Alma do pilar - tração
$F_{t,ep,Rd(1)} = 10465,41$	10465,41	Placa dianteira - tração
$B_{p,Rd} = 39545,69$	39545,69	Parafusos devido à punção de cisalhamento
$V_{wp,Rd}/\beta = 50697,17$	50697,17	Painel da alma - cortante
$F_{c,wc,Rd} = 97205,12$	97205,12	Alma do pilar - compressão
$F_{c,fb,Rd} = 60534,78$	60534,78	Mesa da viga - compressão

RESISTÊNCIA DA LINHA DE PARAFUSOS Nº 2

$F_{t2,Rd,comp}$ - Fórmula	$F_{t2,Rd,comp}$	Componente
$F_{t2,Rd} = \text{Min}(F_{t2,Rd,comp})$	22104,38	Resistência da linha de parafusos
$F_{t,fc,Rd(2)} = 31857,92$	31857,92	Mesa da coluna - tração
$F_{t,wc,Rd(2)} = 35840,70$	35840,70	Alma do pilar - tração
$F_{t,ep,Rd(2)} = 22104,38$	22104,38	Placa dianteira - tração
$F_{t,wb,Rd(2)} = 33927,31$	33927,31	Alma da viga - tração
$B_{p,Rd} = 39545,69$	39545,69	Parafusos devido à punção de cisalhamento
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^1 F_{ti,Rd} = 50697,17 - 10465,41$	40231,76	Painel da alma - cortante
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^1 F_{ti,Rd} = 97205,12 - 10465,41$	86739,71	Alma do pilar - compressão
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^1 F_{ti,Rd} = 60534,78 - 10465,41$	50069,37	Mesa da viga - compressão

RESISTÊNCIA DA LINHA DE PARAFUSOS Nº 3

$F_{t3,Rd,comp}$ - Fórmula	$F_{t3,Rd,comp}$	Componente
$F_{t3,Rd} = \text{Min}(F_{t3,Rd,comp})$	18127,38	Resistência da linha de parafusos
$F_{t,fc,Rd(3)} = 31857,92$	31857,92	Mesa da coluna - tração
$F_{t,wc,Rd(3)} = 35840,70$	35840,70	Alma do pilar - tração
$F_{t,ep,Rd(3)} = 21062,89$	21062,89	Placa dianteira - tração
$F_{t,wb,Rd(3)} = 32328,76$	32328,76	Alma da viga - tração
$B_{p,Rd} = 39545,69$	39545,69	Parafusos devido à punção de cisalhamento
$V_{wp,Rd}/\beta - \sum_1^2 F_{ti,Rd} = 50697,17 - 32569,79$	18127,38	Painel da alma - cortante
$F_{c,wc,Rd} - \sum_1^2 F_{ti,Rd} = 97205,12 - 32569,79$	64635,34	Alma do pilar - compressão
$F_{c,fb,Rd} - \sum_1^2 F_{ti,Rd} = 60534,78 - 32569,79$	27964,99	Mesa da viga - compressão
$F_{t,fc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{ti,Rd} = 62378,21 - 22104,38$	40273,83	Mesa da coluna - tração - grupo
$F_{t,wc,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{ti,Rd} = 60686,59 - 22104,38$	38582,22	Alma do pilar - tração - grupo
$F_{t,ep,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{ti,Rd} = 49601,86 - 22104,38$	27497,48	Placa dianteira - tração - grupo
$F_{t,wb,Rd(3+2)} - \sum_2^2 F_{ti,Rd} = 76723,28 - 22104,38$	54618,90	Alma da viga - tração - grupo

Os parafusos remanescentes são inativos (não transferem cargas) porque a resistência de um dos componentes de conexão está esgotado ou os parafusos se situam abaixo do centro de rotação.

TABELA DE RESUMO DAS FORÇAS

Nr	h_j	$F_{ti,Rd}$	$F_{t,fc,Rd}$	$F_{t,wc,Rd}$	$F_{t,ep,Rd}$	$F_{t,wb,Rd}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$
1	285	10465,41	26666,08	28200,99	10465,41	-	34644,30	39545,69
2	215	22104,38	31857,92	35840,70	22104,38	33927,31	34644,30	39545,69
3	33	18127,38	31857,92	35840,70	21062,89	32328,76	34644,30	39545,69

Nr	h _j	F _{ij,Rd}	F _{t,fc,Rd}	F _{t,wc,Rd}	F _{t,ep,Rd}	F _{t,wb,Rd}	F _{t,Rd}	B _{p,Rd}
4	-37	-	31857,92	35840,70	10465,41	-	34644,30	39545,69

RESISTÊNCIA DA CONEXÃO À FLEXÃO M_{j,Rd}

$$M_{j,Rd} = \sum h_j F_{ij,Rd}$$

$$M_{j,Rd} = 8356,10 \quad [\text{kgf}\cdot\text{m}]$$

Resistência da conexão à flexão

[6.2]

$$M_{b1,Ed} / M_{j,Rd} \leq 1,0$$

$$0,20 < 1,00$$

verificado

$$(0,20)$$

Resistência da conexão ao cisalhamento

$$\alpha_v = 0,60$$

Coefficiente para o cálculo de F_{v,Rd}

[Tabela 3.4]

$$\beta_{Lr} = 0,99$$

Coefficiente de redução para as conexões longas

[3.8]

$$F_{v,Rd} = 11438,23 \quad [\text{kgf}]$$

Resistência de um parafuso ao cisalhamento

[Tabela 3.4]

$$F_{t,Rd,max} = 17322,15 \quad [\text{kgf}]$$

Resistência de um parafuso à tensão

[Tabela 3.4]

$$F_{b,Rd,int} = 15008,69 \quad [\text{kgf}]$$

Resistência portante de um parafuso intermediário

[Tabela 3.4]

$$F_{b,Rd,ext} = 8305,48 \quad [\text{kgf}]$$

Resistência portante do parafuso mais externo

[Tabela 3.4]

Nr	F _{ij,Rd,N}	F _{ij,Ed,N}	F _{ij,Rd,M}	F _{ij,Ed,M}	F _{ij,Ed}	F _{vj,Rd}
1	34644,30	25,00	10465,41	2129,13	2154,13	21860,44
2	34644,30	25,00	22104,38	4497,01	4522,01	20743,60
3	34644,30	25,00	18127,38	3687,91	3712,91	21125,22
4	34644,30	25,00	0,00	0,00	25,00	22864,66

F_{ij,Rd,N} – Resistência da linha de parafusos para tensão simples

F_{ij,Ed,N} – Força em uma linha de parafusos devido à força axial

F_{ij,Rd,M} – Resistência da linha de parafusos para flexão simples

F_{ij,Ed,M} – Força em uma linha de parafusos devido ao momento

F_{ij,Ed} – Força de tração máximo em uma linha de parafusos

F_{vj,Rd} – Resistência reduzida da linha de parafusos

$$F_{ij,Ed,N} = N_{j,Ed} F_{ij,Rd,N} / N_{j,Rd}$$

$$F_{ij,Ed,M} = M_{j,Ed} F_{ij,Rd,M} / M_{j,Rd}$$

$$F_{ij,Ed} = F_{ij,Ed,N} + F_{ij,Ed,M}$$

$$F_{vj,Rd} = \text{Min} (n_h F_{v,Ed} / (1 - F_{ij,Ed} / (1.4 n_h F_{t,Rd,max})), n_h F_{v,Rd}, n_h F_{b,Rd})$$

$$V_{j,Rd} = n_h \sum_{i=1}^n F_{vj,Rd}$$

[Tabela 3.4]

$$V_{j,Rd} = 86593,92 \quad [\text{kgf}]$$

Resistência da conexão ao cisalhamento

[Tabela 3.4]

$$V_{b1,Ed} / V_{j,Rd} \leq 1,0$$

$$0,05 < 1,00$$

verificado

$$(0,05)$$

Resistência da solda

$$A_w = 58,33 \quad [\text{cm}^2]$$

Área de todas as soldas

[4.5.3.2(2)]

$$A_{wy} = 31,93 \quad [\text{cm}^2]$$

Área das soldas horizontais

[4.5.3.2(2)]

$$A_{wz} = 26,40 \quad [\text{cm}^2]$$

Área das soldas verticais

[4.5.3.2(2)]

$$I_{wy} = 6087,93 \quad [\text{cm}^4]$$

Momento de inercia da disposição de soldas com relação ao eixo horizontal [4.5.3.2(5)]

$$\sigma_{L,max} = \tau_{L,max} = 25,68 \quad [\text{MPa}]$$

Tensão normal em uma solda

[4.5.3.2(6)]

$$\sigma_{\perp} = \tau_{\perp} = 21,42 \quad [\text{MPa}]$$

Tensão na solda vertical

[4.5.3.2(5)]

$$\tau_{\parallel} = 15,60 \quad [\text{MPa}]$$

Tensão tangente

[4.5.3.2(5)]

$$\beta_w = 0,90$$

Coefficiente de correlação

[4.5.3.2(7)]

$$\sqrt{[\sigma_{L,max}^2 + 3*(\tau_{L,max}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$$

$$51,36 < 400,00$$

verificado

$$(0,13)$$

$$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3*(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]} \leq f_u / (\beta_w * \gamma_{M2})$$

$$50,65 < 400,00$$

verificado

$$(0,13)$$

$$\sigma_{\perp} \leq 0.9 * f_u / \gamma_{M2}$$

$$25,68 < 324,00$$

verificado

$$(0,08)$$

Rigidez da conexão

$$t_{wash} = 4 \quad [\text{mm}]$$

Espessura da arruela

[6.2.6.3.(2)]

$$h_{head} = 14 \quad [\text{mm}]$$

Altura da cabeça do parafuso

[6.2.6.3.(2)]

$$h_{nut} = 19 \quad [\text{mm}]$$

Altura da porca do parafuso

[6.2.6.3.(2)]

$$L_b = 49 \quad [\text{mm}]$$

Comprimento do parafuso

[6.2.6.3.(2)]

$$k_{10} = 9 \quad [\text{mm}]$$

Coefficiente de rigidez dos parafusos

[6.3.2.(1)]

RIGIDEZ DAS LINHAS DE PARAFUSOS

Nr	h _j	k ₃	k ₄	k ₅	k _{eff,j}	k _{eff,j} h _j	k _{eff,j} h _j ²
					Soma	8,51	198,38
1	285	3	27	4	1	3,78	108,02
2	215	4	36	9	2	4,10	88,25
3	33	4	36	9	2	0,63	2,11

$$k_{eff,j} = 1 / (\sum_{i=3}^5 (1 / k_{i,j}))$$

[6.3.3.1.(2)]

$$Z_{eq} = \sum_i k_{eff,j} h_j^2 / \sum_i k_{eff,j} h_j$$

$$Z_{eq} = 233 \quad [\text{mm}]$$

Braço da força equivalente

[6.3.3.1.(3)]

$$k_{eq} = \sum_i k_{eff,j} h_j / Z_{eq}$$

$$k_{eq} = 4 \quad [\text{mm}]$$

Coefficiente de rigidez equivalente em uma disposição de parafusos [6.3.3.1.(1)]

$$A_{vc} = 25,14 \quad [\text{cm}^2]$$

Área de cisalhamento

EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]

$$\beta = 1,00$$

Parâmetro de transformação

[5.3.(7)]

$$z = 233 \quad [\text{mm}]$$

Braço da alavanca

[6.2.5]

$$k_1 = 4 \quad [\text{mm}]$$

Coefficiente de rigidez do painel da alma do pilar sujeito a cisalhamento [6.3.2.(1)]

$A_{vc} =$	25,14 [cm ²]	Área de cisalhamento	EN1993-1-1:[6.2.6.(3)]
$k_2 =$	∞	Coefficiente de rigidez da alma do pilar comprimida	[6.3.2.(1)]
$S_{i,ini} = E z_{eq}^2 / \sum_i (1/k_1 + 1/k_2 + 1/k_{eq})$			[6.3.1.(4)]
$S_{i,ini} =$	2139592,98 [kgf*m]	Rigidez rotacional inicial	[6.3.1.(4)]
$\mu =$	1,00	Coefficiente de rigidez de uma conexão	[6.3.1.(6)]
$S_i = S_{i,ini} / \mu$			[6.3.1.(4)]
$S_i =$	2139592,98 [kgf*m]	Rigidez rotacional final	[6.3.1.(4)]
Classificação da conexão devido à rigidez.			
$S_{i,rig} =$	5034338,94 [kgf*m]	Resistência de uma conexão rígida	[5.2.2.5]
$S_{i,pin} =$	100686,78 [kgf*m]	Resistência de uma conexão rotulada	[5.2.2.5]
$S_{i,pin} \leq S_{i,ini} < S_{i,rig}$ SEMIRRÍGIDO			

Componente mais fraco:

PLACA DIANTEIRA - TRAÇÃO

Comentários

O espaçamento vertical dos parafusos é grande demais. 182 [mm] > 140 [mm]

A conexão está em conformidade com a norma.

Relação 0,20



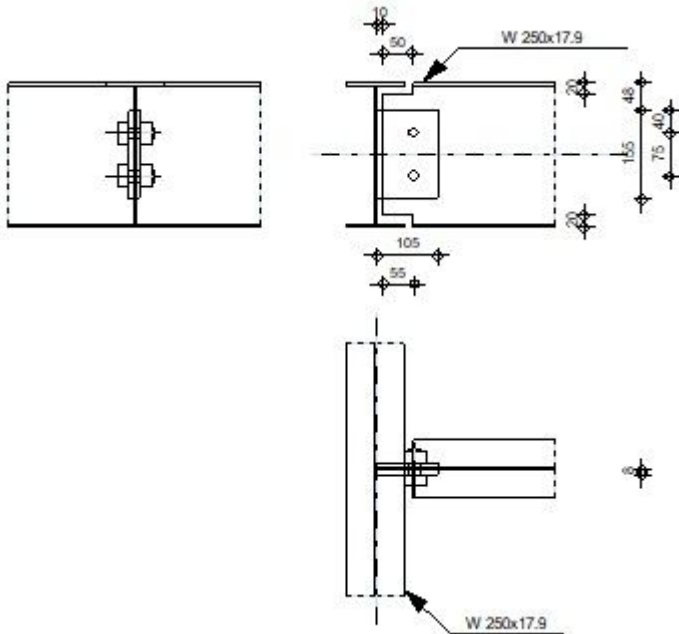
Robot Structural Analysis Professional 2023

Cálculo da conexão viga - viga (alma)

EN 1993-1-8:2005/AC:2009



Relação
0,48



GERAL

Nº de conexão: 2
Nome da conexão: LIGAÇÃO02

GEOMETRIA

VIGA PRINCIPAL

Seção: W 250x17.9
 $\alpha = -90,0$ [Deg] Âng. de inclinação
 $h_g = 251$ [mm] Altura da seção da viga principal
 $b_{fg} = 101$ [mm] Largura da mesa da seção da viga principal
 $t_{wg} = 5$ [mm] Espessura da mesa da seção da viga principal
 $t_{fg} = 5$ [mm] Espessura da mesa da seção da viga principal
 $r_g = 10$ [mm] Raio de concordância da alma da seção da viga principal
 $A_p = 23,10$ [cm²] Área de seção transversal da viga principal
 $I_{pg} = 2291,00$ [cm⁴] Momento de inércia da seção da viga principal

Material: ASTM A572 Gr. 50

$f_{yg} = 345,00$ [MPa] Resistência do projeto
 $f_{ug} = 450,00$ [MPa] Resistência à tensão

VIGA

Seção: W 250x17.9
 $\alpha = 0,0$ [Deg] Âng. de inclinação
 $h_b = 251$ [mm] Altura da seção da viga
 $b_b = 101$ [mm] Largura da seção da viga
 $t_{wb} = 5$ [mm] Espessura da alma da seção da viga
 $t_{fb} = 5$ [mm] Espessura da mesa da seção da viga
 $r_b = 10$ [mm] Raio de concordância da seção da viga
 $A_b = 23,10$ [cm²] Área de seção transversal da viga
 $I_{pb} = 2291,00$ [cm⁴] Momento de inércia da seção da viga

Material: ASTM A572 Gr. 50

$f_{yb} = 345,00$ [MPa] Resistência do projeto
 $f_{ub} = 450,00$ [MPa] Resistência à tensão

PLACA

Tipo: bilateral

$l_p = 105$ [mm] Comprimento da placa
 $h_p = 155$ [mm] Altura da placa
 $t_p = 8$ [mm] Espessura da placa
 Material: ASTM A572 Gr. 50
 $f_{yp} = 345,00$ [MPa] Resistência do projeto
 $f_{up} = 450,00$ [MPa] Resistência à tensão

PARAFUSOS

PARAFUSOS CONECTANDO A VIGA E A PLACA

O plano de cisalhamento passa através da parte ROQUEADA do parafuso.

Classe = A325 Classe do parafuso
 $d = 19$ [mm] Diâmetro do parafuso
 $d_0 = 21$ [mm] Diâmetro da abertura do parafuso
 $A_s = 2,85$ [cm²] Área efetiva da seção de um parafuso
 $A_v = 2,85$ [cm²] Área de seção do parafuso
 $f_{ub} = 827,37$ [MPa] Resistência à tensão
 $k = 1$ Número de colunas de parafusos
 $w = 2$ Número de linhas de parafusos
 $e_1 = 40$ [mm] Nível do primeiro parafuso
 $p_1 = 75$ [mm] Espaçamento vertical

SOLDAS

$a_{qp} = 5$ [mm] Soldas de concordância conectando a placa à viga principal

FATORES DE MATERIAL

$\gamma_{M0} = 1,00$ Fator de segurança parcial [2.2]
 $\gamma_{M2} = 1,25$ Fator de segurança parcial [2.2]

CARGAS

Caso: Cálculos manuais.
 $N_{b,Ed} = 1835,00$ [kgf] Força axial
 $V_{b,Ed} = 2850,00$ [kgf] Força de cisalhamento
 $M_{b,Ed} = 0,00$ [kgf*m] Momento fletor

RESULTADOS

PARAFUSOS CONECTANDO A VIGA E A PLACA

CAPACIDADES DOS PARAFUSOS

$F_{v,Rd} = 23096,20$ [kgf] Resistência do parafuso ao cisalhamento na parte com rosca de um parafuso $F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_s \cdot m / \gamma_{M2}$

Apoio do parafuso na viga

Direção x
 $k_{1x} = 2,50$ Coeficiente para o cálculo de $F_{b,Rd}$ $k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
 $k_{1x} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**
 $\alpha_{bx} = 0,87$ Coeficiente para o cálculo de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bx} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
 $\alpha_{bx} > 0.0$ $0,87 > 0,00$ **verificado**
 $F_{b,Rd1x} = 7308,82$ [kgf] Resistência portante de um único parafuso $F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$
 Direção z
 $k_{1z} = 2,50$ Coeficiente para o cálculo de $F_{b,Rd}$ $k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
 $k_{1z} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**
 $\alpha_{bz} = 0,94$ Coeficiente para o cálculo de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
 $\alpha_{bz} > 0.0$ $0,94 > 0,00$ **verificado**
 $F_{b,Rd1z} = 7868,61$ [kgf] Resistência portante de um único parafuso $F_{b,Rd1z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

Apoio do parafuso na placa

Direção x
 $k_{1x} = 2,50$ Coeficiente para o cálculo de $F_{b,Rd}$ $k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$
 $k_{1x} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**
 $\alpha_{bx} = 0,63$ Coeficiente para o cálculo de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bx} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), f_{ub}/f_u, 1]$
 $\alpha_{bx} > 0.0$ $0,63 > 0,00$ **verificado**
 $F_{b,Rd2x} = 17718,36$ [kgf] Resistência portante de um único parafuso $F_{b,Rd2x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$
 Direção z
 $k_{1z} = 2,50$ Coeficiente para o cálculo de $F_{b,Rd}$ $k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 2.5]$
 $k_{1z} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**
 $\alpha_{bz} = 0,63$ Coeficiente para o cálculo de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$
 $\alpha_{bz} > 0.0$ $0,63 > 0,00$ **verificado**
 $F_{b,Rd2z} = 17718,36$ [kgf] Resistência portante de um único parafuso $F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

FORÇAS ATUANTES NOS PARAFUSOS DA CONEXÃO DA PLACA COM A VIGA

Cisalhamento do parafuso

$e = 67$ [mm] Distância entre o centroide de um grupo de parafusos e o centro da alma da viga principal

Cisalhamento do parafuso

$e = 67$ [mm]	Distância entre o centroide de um grupo de parafusos e o centro da alma da viga principal	
$M_0 = 192,09$ [kgf*m]	Momento fletor real	$M_0 = M_{b,Ed} + V_{b,Ed} * e$
$F_{Nx} = 917,50$ [kgf]	Força do componente em um parafuso devido à influência da força longitudinal	$F_{Nx} = N_{b,Ed} /n$
$F_{Vz} = 1425,00$ [kgf]	Força do componente em um parafuso devido à influência da força de cisalhamento	$F_{Vz} = V_{b,Ed} /n$
$F_{Mx} = 2561,20$ [kgf]	Componente de força em um parafuso devido a influência do momento na direção x	$F_{Mx} = M_0 * z_i / \sum (x_i^2 + z_i^2)$
$F_{Mz} = 0,00$ [kgf]	Força do componente em um parafuso devido à influência do momento ao redor do eixo z	$F_{Mz} = M_0 * x_i / \sum (x_i^2 + z_i^2)$
$F_{x,Ed} = 3478,70$ [kgf]	Força total do projeto em um parafuso na direção x	$F_{x,Ed} = F_{Nx} + F_{Mx}$
$F_{z,Ed} = 1425,00$ [kgf]	Força de projeto total em um parafuso na direção z	$F_{z,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$
$F_{Ed} = 3759,25$ [kgf]	Força de cisalhamento resultante no parafuso	$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$
$F_{Rdx} = 7308,82$ [kgf]	Capacidade de projeto efetiva de um parafuso na direção x	$F_{Rdx} = \min(F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} = 7868,61$ [kgf]	Capacidade de projeto efetiva de um parafuso na direção z	$F_{Rdz} = \min(F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$	$ 3478,70 < 7308,82$	verificado (0,48)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$	$ 1425,00 < 7868,61$	verificado (0,18)
$F_{Ed} \leq F_{V,Rd}$	$3759,25 < 23096,20$	verificado (0,16)

VERIFICAÇÃO DA SEÇÃO DEVIDO AO ROMPIMENTO DO BLOCO (FORÇA AXIAL)

PLACA

$A_{nt} = 4,32$ [cm ²]	Área líquida da seção em tração	
$A_{nv} = 4,72$ [cm ²]	Área da seção em cisalhamento	
$V_{effRd} = 25422,75$ [kgf]	Capacidade do projeto de uma seção enfraquecida por aberturas	$V_{effRd} = f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ 0,5 * N_{b,Ed} \leq V_{effRd}$	$ 917,50 < 25422,75$	verificado (0,04)

VIGA

$A_{nt} = 2,59$ [cm ²]	Área líquida da seção em tração	
$A_{nv} = 4,27$ [cm ²]	Área da seção em cisalhamento	
$V_{effRd} = 18178,48$ [kgf]	Capacidade do projeto de uma seção enfraquecida por aberturas	$V_{effRd} = f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ N_{b,Ed} \leq V_{effRd}$	$ 1835,00 < 18178,48$	verificado (0,10)

VERIFICAÇÃO DA SEÇÃO DEVIDO AO ROMPIMENTO DO BLOCO (FORÇA DE CISALHAMENTO)

PLACA

$A_{nt} = 2,36$ [cm ²]	Área líquida da seção em tração	
$A_{nv} = 6,67$ [cm ²]	Área da seção em cisalhamento	
$V_{effRd} = 17883,85$ [kgf]	Capacidade do projeto de uma seção enfraquecida por aberturas	$V_{effRd} = 0,5 * f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ 0,5 * V_{b,Ed} \leq V_{effRd}$	$ 1425,00 < 17883,85$	verificado (0,08)

VIGA

$A_{nt} = 2,13$ [cm ²]	Área líquida da seção em tração	
$A_{nv} = 5,35$ [cm ²]	Área da seção em cisalhamento	
$V_{effRd} = 14781,70$ [kgf]	Capacidade do projeto de uma seção enfraquecida por aberturas	$V_{effRd} = 0,5 * f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ V_{b,Ed} \leq V_{effRd}$	$ 2850,00 < 14781,70$	verificado (0,19)

VERIFICAÇÃO DE UMA PLACA ENFRAQUECIDA POR ABERTURAS

$A_t = 7,73$ [cm ²]	Área da zona de tensão da seção bruta	
$A_{t,net} = 6,05$ [cm ²]	Área líquida da seção em tração	
$0,9 * (A_{t,net} / A_t) \geq (f_y * \gamma_{M2}) / (f_u * \gamma_{M0})$	$0,70 < 0,96$	
$W_{net} = 30,76$ [cm ³]	Módulo elástico da seção	
$M_{c,Rdnet} = 1082,00$ [kgf*m]	Resistência do projeto da seção em flexão	$M_{c,Rdnet} = W_{net} * f_{yp} / \gamma_{M0}$
$ M_0 \leq M_{c,Rdnet}$	$ 96,05 < 1082,00$	verificado (0,09)
$A_v = 12,40$ [cm ²]	Área da seção efetiva quanto a cisalhamento	$A_v = h_p * t_p$
$A_{v,net} = 9,03$ [cm ²]	Área líquida de uma seção efetiva quanto a cisalhamento	$A_{v,net} = A_v - n_v * d_0$
$V_{pl,Rd} = 18345,17$ [kgf]	Resistência plástica do projeto para cisalhamento	$V_{pl,Rd} = (A_{v,net} * f_y) / (\sqrt{3} * \gamma_{M0})$
$ 0,5 * V_{b,Ed} \leq V_{pl,Rd}$	$ 1425,00 < 18345,17$	verificado (0,08)

VERIFICAÇÃO DE UMA SEÇÃO DE VIGA ENFRAQUECIDA POR ABERTURAS

$A_t = 6,77$ [cm ²]	Área da zona de tensão da seção bruta	
$A_{t,net} = 4,74$ [cm ²]	Área líquida da seção em tração	
$0,9 * (A_{t,net} / A_t) \geq (f_y * \gamma_{M2}) / (f_u * \gamma_{M0})$	$0,63 < 0,96$	
$W_{net} = 33,17$ [cm ³]	Módulo elástico da seção	
$M_{c,Rdnet} = 1166,96$ [kgf*m]	Resistência do projeto da seção em flexão	$M_{c,Rdnet} = W_{net} * f_{yp} / \gamma_{M0}$
$ M_0 \leq M_{c,Rdnet}$	$ 192,09 < 1166,96$	verificado (0,16)
$A_v = 10,13$ [cm ²]	Área da seção efetiva quanto a cisalhamento	
$A_{v,net} = 8,11$ [cm ²]	Área líquida de uma seção efetiva quanto a cisalhamento	$A_{v,net} = A_v - n_v * d_0$
$V_{pl,Rd} = 20571,29$ [kgf]	Resistência plástica do projeto para cisalhamento	$V_{pl,Rd} = (A_{v,net} * f_y) / (\sqrt{3} * \gamma_{M0})$
$V_{b,Ed} \leq V_{pl,Rd}$	$ 2850,00 < 20571,29$	verificado (0,14)

RESISTÊNCIA DA SOLDA

SOLDAS DE CONCORDÂNCIA CONECTANDO A PLACA À VIGA PRINCIPAL

$A_w = 7,75$ [cm ²]	Área da solda	$A_w = h_p * a_{ap}$
$\sigma = 56,98$ [MPa]	Tensão normal em uma solda	$\sigma = 0,5 * [N_{b,Ed} / A_s + M_0 / W_{yw}]$

SOLDAS DE CONCORDÂNCIA CONECTANDO A PLACA À VIGA PRINCIPAL

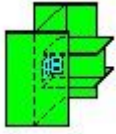
$A_w =$	7,75	[cm ²]	Área da solda	$A_w = h_p \cdot a_{gp}$
$\sigma_{\perp} =$	40,29	[MPa]	Tensão perpendicular normal na solda	$\sigma_{\perp} = \sigma / \sqrt{2}$
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_{u2} / \gamma_{M2}$			$ 40,29 < 324,00$	verificado (0,12)
$\tau_{\perp} =$	40,29	[MPa]	Tensão tangencial perpendicular	$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$
$\tau_{\parallel} =$	18,03	[MPa]	Tensão tangencial paralela	$\tau_{\parallel} = 0.25 \cdot V_{b,Ed} / A_w$
$\beta_w =$	0,90		Coeficiente de correlação	[Tabela 4.1]
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)]} \leq f_{u2} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$			$86,42 < 400,00$	verificado (0,22)

A conexão está em conformidade com a norma.

Relação

0,48





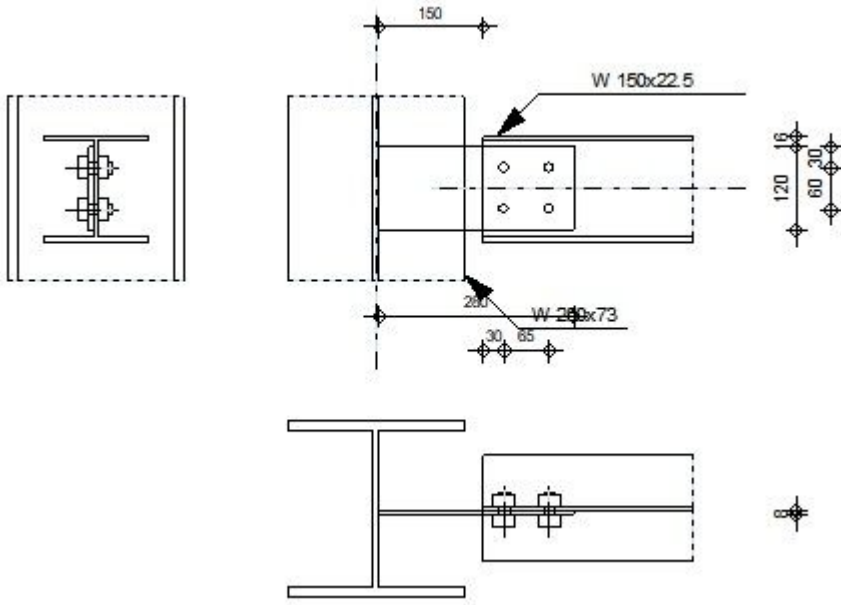
Robot Structural Analysis Professional 2023

Cálculo da conexão viga - coluna (alma)

EN 1993-1-8:2005/AC:2009



Relação
1,00



GERAL

Nº de conexão: 3
Nome da conexão: LIGAÇÃO 001

GEOMETRIA

COLUNA

Seção: W 250x73

$\alpha =$	-90,0	[Deg]	Âng. de inclinação
$h_c =$	253	[mm]	Altura da seção da coluna
$b_{fc} =$	254	[mm]	Largura da seção da coluna
$t_{wc} =$	9	[mm]	Espessura da alma da seção da coluna
$t_{fc} =$	14	[mm]	Espessura da mesa da seção da coluna
$r_c =$	12	[mm]	Raio de concordância de seção da coluna
$A_c =$	92,70	[cm ²]	Área de seção transversal do pilar
$I_{yc} =$	11257,00	[cm ⁴]	Momento de inércia de seção do pilar
Material: ASTM A572 Gr. 50			
$f_{yc} =$	345,00 [MPa]		Resistência do projeto
$f_{uc} =$	450,00 [MPa]		Resistência à tensão

VIGA

Seção: W 150x22.5

$\alpha =$	0,0	[Deg]	Âng. de inclinação
$h_b =$	152	[mm]	Altura da seção da viga
$b_b =$	152	[mm]	Largura da seção da viga
$t_{wb} =$	6	[mm]	Espessura da alma da seção da viga
$t_{fb} =$	7	[mm]	Espessura da mesa da seção da viga
$r_b =$	10	[mm]	Raio de concordância da seção da viga
$A_b =$	29,00	[cm ²]	Área de seção transversal da viga
$I_{yb} =$	1229,00	[cm ⁴]	Momento de inércia da seção da viga
Material: ASTM A572 Gr. 50			
$f_{yb} =$	345,00 [MPa]		Resistência do projeto
$f_{ub} =$	450,00 [MPa]		Resistência à tensão

PLACA

Tipo: unilateral

$l_p =$	280	[mm]	Comprimento da placa
$h_p =$	120	[mm]	Altura da placa

Tipo: unilateral

$l_p = 280$ [mm] Comprimento da placa

$t_p = 8$ [mm] Espessura da placa

Material: ASTM A572 Gr. 50

$f_{yp} = 345,00$ [MPa] Resistência do projeto

$f_{ub} = 450,00$ [MPa] Resistência à tensão

PARAFUSOS

PARAFUSOS CONECTANDO A VIGA E A PLACA

O plano de cisalhamento passa através da parte ROQUEADA do parafuso.

Classe = A307

Classe do parafuso

$d = 16$ [mm] Diâmetro do parafuso

$d_0 = 17$ [mm] Diâmetro da abertura do parafuso

$A_s = 1,98$ [cm²] Área efetiva da seção de um parafuso

$A_v = 1,98$ [cm²] Área de seção do parafuso

$f_{ub} = 413,69$ [MPa] Resistência à tensão

$k = 2$ Número de colunas de parafusos

$w = 2$ Número de linhas de parafusos

$e_1 = 30$ [mm] Nível do primeiro parafuso

$p_2 = 65$ [mm] Espaçamento horizontal

$p_1 = 60$ [mm] Espaçamento vertical

SOLDAS

$a_{cp} = 5$ [mm] Soldas de concordância conectando a placa à coluna

FATORES DE MATERIAL

$\gamma_{M0} = 1,00$ Fator de segurança parcial [2.2]

$\gamma_{M2} = 1,25$ Fator de segurança parcial [2.2]

CARGAS

Caso:

Cálculos manuais.

$N_{b,Ed} = 16000,00$ [kgf] Força axial

$V_{b,Ed} = 0,00$ [kgf] Força de cisalhamento

$M_{b,Ed} = 0,00$ [kgf*m] Momento fletor

RESULTADOS

PARAFUSOS CONECTANDO A VIGA E A PLACA

CAPACIDADES DOS PARAFUSOS

$F_{v,Rd} = 4010,48$ [kgf] Resistência do parafuso ao cisalhamento na parte com rosca de um parafuso $F_{v,Rd} = 0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_s \cdot m / \gamma_{M2}$

Apoio do parafuso na viga

Direção x

$k_{1x} = 2,50$ Coeficiente para o cálculo de $F_{b,Rd}$ $k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**

$\alpha_{bx} = 0,59$ Coeficiente para o cálculo de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bx} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), p_2/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bx} > 0.0$ $0,59 > 0,00$ **verificado**

$F_{b,Rd1x} = 5007,49$ [kgf] Resistência portante de um único parafuso $F_{b,Rd1x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

Direção z

$k_{1z} = 2,50$ Coeficiente para o cálculo de $F_{b,Rd}$ $k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_2/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**

$\alpha_{bz} = 0,91$ Coeficiente para o cálculo de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bz} > 0.0$ $0,91 > 0,00$ **verificado**

$F_{b,Rd1z} = 7678,15$ [kgf] Resistência portante de um único parafuso $F_{b,Rd1z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

Apoio do parafuso na placa

Direção x

$k_{1x} = 2,50$ Coeficiente para o cálculo de $F_{b,Rd}$ $k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_1/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1x} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**

$\alpha_{bx} = 0,69$ Coeficiente para o cálculo de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bx} = \min[e_2/(3 \cdot d_0), p_2/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bx} > 0.0$ $0,69 > 0,00$ **verificado**

$F_{b,Rd2x} = 8058,02$ [kgf] Resistência portante de um único parafuso $F_{b,Rd2x} = k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

Direção z

$k_{1z} = 2,50$ Coeficiente para o cálculo de $F_{b,Rd}$ $k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_2/d_0) - 1.7, 1.4 \cdot (p_2/d_0) - 1.7, 2.5]$

$k_{1z} > 0.0$ $2,50 > 0,00$ **verificado**

$\alpha_{bz} = 0,59$ Coeficiente para o cálculo de $F_{b,Rd}$ $\alpha_{bz} = \min[e_1/(3 \cdot d_0), p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25, f_{ub}/f_u, 1]$

$\alpha_{bz} > 0.0$ $0,59 > 0,00$ **verificado**

$F_{b,Rd2z} = 6906,88$ [kgf] Resistência portante de um único parafuso $F_{b,Rd2z} = k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t / \gamma_{M2}$

FORÇAS ATUANTES NOS PARAFUSOS DA CONEXÃO DA PLACA COM A VIGA

Cisalhamento do parafuso

$e = 217$ [mm]	Distância entre o centroide de um grupo de parafusos e o centro da alma do pilar	
$M_0 = 0,00$ [kgf*m]	Momento fletor real	$M_0 = V_{b,Ed} * e$
$F_{Nx} = 4000,00$ [kgf]	Força do componente em um parafuso devido à influência da força longitudinal	$F_{Nx} = N_{b,Ed} /n$
$F_{Vz} = 0,00$ [kgf]	Força do componente em um parafuso devido à influência da força de cisalhamento	$F_{Vz} = V_{b,Ed} /n$
$F_{Mx} = 0,00$ [kgf]	Componente de força em um parafuso devido a influência do momento na direção x	$F_{Mx} = M_0 * z_i / \sum (x_i^2 + z_i^2)$
$F_{Mz} = 0,00$ [kgf]	Força do componente em um parafuso devido à influência do momento ao redor do eixo z	$F_{Mz} = M_0 * x_i / \sum (x_i^2 + z_i^2)$
$F_{x,Ed} = 4000,00$ [kgf]	Força total do projeto em um parafuso na direção x	$F_{x,Ed} = F_{Nx} + F_{Mx}$
$F_{z,Ed} = 0,00$ [kgf]	Força de projeto total em um parafuso na direção z	$F_{z,Ed} = F_{Vz} + F_{Mz}$
$F_{Ed} = 4000,00$ [kgf]	Força de cisalhamento resultante no parafuso	$F_{Ed} = \sqrt{F_{x,Ed}^2 + F_{z,Ed}^2}$
$F_{Rdx} = 5007,49$ [kgf]	Capacidade de projeto efetiva de um parafuso na direção x	$F_{Rdx} = \min(F_{bRd1x}, F_{bRd2x})$
$F_{Rdz} = 6906,88$ [kgf]	Capacidade de projeto efetiva de um parafuso na direção z	$F_{Rdz} = \min(F_{bRd1z}, F_{bRd2z})$
$ F_{x,Ed} \leq F_{Rdx}$	$ 4000,00 < 5007,49$	verificado (0,80)
$ F_{z,Ed} \leq F_{Rdz}$	$ 0,00 < 6906,88$	verificado (0,00)
$F_{Ed} \leq F_{v,Rd}$	$4000,00 < 4010,48$	verificado (1,00)

VERIFICAÇÃO DA SEÇÃO DEVIDO AO ROMPIMENTO DO BLOCO (FORÇA AXIAL)

PLACA

$A_{nt} = 3,53$ [cm ²]	Área líquida da seção em tração	
$A_{nv} = 12,19$ [cm ²]	Área da seção em cisalhamento	
$V_{effRd} = 37718,03$ [kgf]	Capacidade do projeto de uma seção enfraquecida por aberturas	$V_{effRd} = f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ N_{b,Ed} \leq V_{effRd}$	$ 16000,00 < 37718,03$	verificado (0,42)

VIGA

$A_{nt} = 2,56$ [cm ²]	Área líquida da seção em tração	
$A_{nv} = 8,26$ [cm ²]	Área da seção em cisalhamento	
$V_{effRd} = 26167,52$ [kgf]	Capacidade do projeto de uma seção enfraquecida por aberturas	$V_{effRd} = f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ N_{b,Ed} \leq V_{effRd}$	$ 16000,00 < 26167,52$	verificado (0,61)

VERIFICAÇÃO DA SEÇÃO DEVIDO AO ROMPIMENTO DO BLOCO (FORÇA DE CISALHAMENTO)

PLACA

$A_{nt} = 5,97$ [cm ²]	Área líquida da seção em tração	
$A_{nv} = 5,17$ [cm ²]	Área da seção em cisalhamento	
$V_{effRd} = 21478,15$ [kgf]	Capacidade do projeto de uma seção enfraquecida por aberturas	$V_{effRd} = 0.5 * f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ V_{b,Ed} \leq V_{effRd}$	$ 0,00 < 21478,15$	verificado (0,00)

VIGA

$A_{nt} = 4,04$ [cm ²]	Área líquida da seção em tração	
$A_{nv} = 4,68$ [cm ²]	Área da seção em cisalhamento	
$V_{effRd} = 16924,25$ [kgf]	Capacidade do projeto de uma seção enfraquecida por aberturas	$V_{effRd} = 0.5 * f_u * A_{nt} / \gamma_{M2} + (1/\sqrt{3}) * f_y * A_{nv} / \gamma_{M0}$
$ V_{b,Ed} \leq V_{effRd}$	$ 0,00 < 16924,25$	verificado (0,00)

VERIFICAÇÃO DE UMA PLACA ENFRAQUECIDA POR ABERTURAS

$A_t = 9,60$ [cm ²]	Área da zona de tensão da seção bruta	
$A_{t,net} = 6,90$ [cm ²]	Área líquida da seção em tração	
$0.9 * (A_{t,net} / A_t) \geq (f_y * \gamma_{M2}) / (f_u * \gamma_{M0})$	$0,65 < 0,96$	
$A = 9,60$ [cm ²]	Área da zona de tensão da seção bruta	$A = h_p * t_p$
$A_{net} = 6,90$ [cm ²]	Área da seção transversal líquida	$A_{net} = A - n_v * d_o * t_{pi}$
$N_{pl,Rd} = 33773,00$ [kgf]	Resistência plástica do projeto da seção bruta	$N_{pl,Rd} = A * f_y / \gamma_{M0}$
$N_{u,Rd} = 22796,78$ [kgf]	Projeto de resistência máxima à força normal da seção líquida	$N_{u,Rd} = 0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}$
$N_{b,Ed} \leq N_{u,Rd}$	$ 16000,00 < 22796,78$	verificado (0,70)
$N_{b,Ed} \leq N_{pl,Rd}$	$ 16000,00 < 33773,00$	verificado (0,47)

VERIFICAÇÃO DE UMA SEÇÃO DE VIGA ENFRAQUECIDA POR ABERTURAS

$A_t = 8,82$ [cm ²]	Área da zona de tensão da seção bruta	
$A_{t,net} = 6,86$ [cm ²]	Área líquida da seção em tração	
$0.9 * (A_{t,net} / A_t) \geq (f_y * \gamma_{M2}) / (f_u * \gamma_{M0})$	$0,70 < 0,96$	
$A = 8,82$ [cm ²]	Área da zona de tensão da seção bruta	$0,70 < 0,96$
$A_{net} = 6,86$ [cm ²]	Área da seção transversal líquida	$A_{net} = A - n_v * d_o * t_{pi}$
$N_{pl,Rd} = 31014,87$ [kgf]	Resistência plástica do projeto da seção bruta	$N_{pl,Rd} = A * f_y / \gamma_{M0}$
$N_{u,Rd} = 22659,66$ [kgf]	Projeto de resistência máxima à força normal da seção líquida	$N_{u,Rd} = 0.9 * A_{net} * f_u / \gamma_{M2}$
$N_{b,Ed} \leq N_{u,Rd}$	$ 16000,00 < 22659,66$	verificado (0,71)
$N_{b,Ed} \leq N_{pl,Rd}$	$ 16000,00 < 31014,87$	verificado (0,52)

RESISTÊNCIA DA SOLDA

SOLDAS DE CONCORDÂNCIA CONECTANDO A PLACA À COLUMNA

$A_w = 6,00$ [cm ²]	Área da solda	$A_w = h_p * a_{gp}$
$\sigma = 130,76$ [MPa]	Tensão normal em uma solda	$\sigma = 0.5 * [N_{b,Ed} / A_s + M_0 / W_{yw}]$
$\sigma_{\perp} = 92,46$ [MPa]	Tensão perpendicular normal na solda	$\sigma_{\perp} = \sigma / \sqrt{2}$
$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 * f_u / \gamma_{M2}$	$ 92,46 < 324,00$	verificado (0,29)
$\tau_{\perp} = 92,46$ [MPa]	Tensão tangencial perpendicular	$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 92,46 < 324,00$	verificado	(0,29)
$\tau_{\perp} = 92,46$ [MPa]	Tensão tangencial perpendicular	$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp}$	
$\beta_w = 0,90$	Coefficiente de correlação	[Tabela 4.1]	
$\sqrt{[\sigma_{\perp}]^2 + 3 \cdot [\tau_{\perp}]^2} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$184,92 < 400,00$	verificado	(0,46)

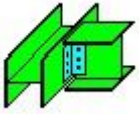
COMENTÁRIOS

A distância entre a borda horizontal da placa e a mesa da viga superior é muito pequena
Comprimento da placa juntando a viga é muito grande

16 [mm] < 16 [mm]
120 [mm] > 119 [mm]

A conexão está em conformidade com a norma. Relação 1,00





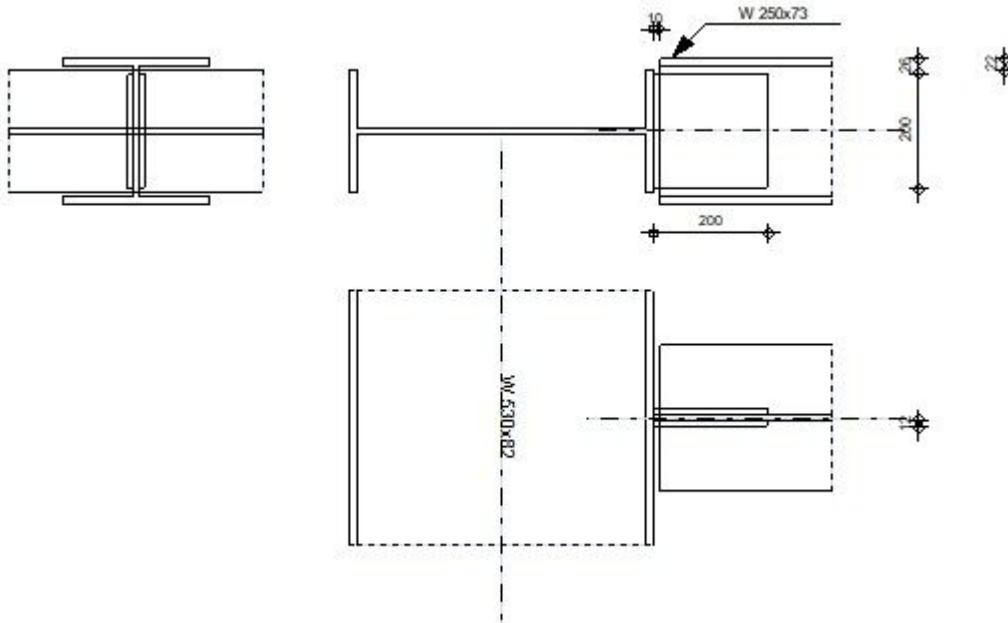
Robot Structural Analysis Professional 2023

Cálculo da conexão viga - viga (mesa)

EN 1993-1-8:2005/AC:2009



Relação
0,25



GERAL

Nº de conexão: 4
Nome da conexão: LIGAÇÃO05

GEOMETRIA

VIGA PRINCIPAL

Seção: W 530x82

$\alpha =$	-90,0	[Deg]	Âng. de inclinação
$h_g =$	528	[mm]	Altura da seção da viga principal
$b_{fg} =$	209	[mm]	Largura da mesa da seção da viga principal
$t_{wg} =$	10	[mm]	Espessura da mesa da seção da viga principal
$t_{fg} =$	13	[mm]	Espessura da mesa da seção da viga principal
$r_g =$	12	[mm]	Raio de concordância da alma da seção da viga principal
$A_p =$	104,50	[cm ²]	Área de seção transversal da viga principal
$I_{pg} =$	47569,00	[cm ⁴]	Momento de inércia da seção da viga principal

Material: ASTM A572 Gr. 50

$f_{yg} =$	345,00 [MPa]	Resistência do projeto
$f_{ug} =$	450,00 [MPa]	Resistência à tensão

VIGA

Seção: W 250x73

$\alpha =$	0,0	[Deg]	Âng. de inclinação
$h_b =$	253	[mm]	Altura da seção da viga
$b_b =$	254	[mm]	Largura da seção da viga
$t_{wb} =$	9	[mm]	Espessura da alma da seção da viga
$t_{bb} =$	14	[mm]	Espessura da mesa da seção da viga
$r_b =$	12	[mm]	Raio de concordância da seção da viga
$A_b =$	92,70	[cm ²]	Área de seção transversal da viga
$I_{yb} =$	11257,00	[cm ⁴]	Momento de inércia da seção da viga

Material: ASTM A572 Gr. 50

$f_{yb} =$	345,00 [MPa]	Resistência do projeto
$f_{ub} =$	450,00 [MPa]	Resistência à tensão

PLACA

Tipo: bilateral
 $l_p =$ 200 [mm] Comprimento da placa

Tipo: bilateral

$l_p = 200$ [mm] Comprimento da placa

$h_p = 200$ [mm] Altura da placa

$t_p = 12$ [mm] Espessura da placa

Material: ASTM A572 Gr. 50

$f_{yp} = 345,00$ [MPa] Resistência do projeto

$f_{up} = 450,00$ [MPa] Resistência à tensão

SOLDAS

$a_{gp} = 8$ [mm] Solda de topo conectando a placa à viga principal

$a_{pb} = 8$ [mm] Soldas de concordância conectando a placa à viga

FATORES DE MATERIAL

$\gamma_{M0} = 1,00$ Fator de segurança parcial [2.2]

$\gamma_{M2} = 1,25$ Fator de segurança parcial [2.2]

CARGAS

Caso: Cálculos manuais.

$N_{b,Ed} = 20000,00$ [kgf] Força axial

$V_{b,Ed} = 3059,15$ [kgf] Força de cisalhamento

$M_{b,Ed} = 0,00$ [kgf*m] Momento fletor

RESULTADOS

RESISTÊNCIA DA SOLDA

SOLDA DE TOPO CONECTANDO A PLACA À VIGA PRINCIPAL

$A_w = 16,00$ [cm²] Área das soldas

$\sigma_N = 61,29$ [MPa] Tensão devido à força axial

$\sigma_M = 39,13$ [MPa] Tensão à dobradura

$\sigma = 100,42$ [MPa] Tensão normal máxima

$\tau = 9,38$ [MPa] Tensão tangente

$\beta_w = 0,90$ Coeficiente de correlação

$$\sigma_N = 0.5 \cdot N_{b,Ed} / A_s$$

$$\sigma_M = 0.5 \cdot M_{0,Wys}$$

$$\sigma = \sigma_N + \sigma_M$$

$$\tau = 0.5 \cdot V_{b,Ed} / A_s$$

[Tabela 4.1]

$$\sqrt{[\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2]} \leq f_{t,d} / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$101,73 < 400,00$$

verificado (0,25)

SOLDAS QUE UNEM A PLACA COM A VIGA

$e = 139$ [mm] Distância entre o centroide de um grupo de soldas e o centro da mesa da viga principal

$M_0 = 212,82$ [kgf*m] Momento fletor real

$A_w = 46,40$ [cm²] Área das soldas

$I_0 = 5765,82$ [cm⁴] Momento polar de inércia das soldas

$\tau_{Fx} = 21,14$ [MPa] Tensão do componente devido à influência da força longitudinal

$\tau_{Fz} = 3,23$ [MPa] Tensão do componente devido ao impacto da força transversal

$\tau_{Mx} = 4,67$ [MPa] Tensão do componente devido à influência do momento ao redor do eixo x

$\tau_{Mz} = 3,62$ [MPa] Tensão do componente devido à influência do momento ao redor do eixo z

$\tau = 25,99$ [MPa] Tensão resultante

$\beta_w = 0,90$ Coeficiente de correlação

$f_{vw,d} = 230,94$ [MPa]

$$M_0 = 0.5 \cdot (M_{b,Ed} + V_{b,Ed} \cdot e)$$

$$\tau_{Fx} = 0.5 \cdot N_{b,Ed} / A_w$$

$$\tau_{Fz} = 0.5 \cdot V_{b,Ed} / A_w$$

$$\tau_{Mx} = M_0 \cdot z / I_0$$

$$\tau_{Mz} = M_0 \cdot x / I_0$$

$$\tau = \sqrt{[(\tau_{Fx} + \tau_{Mx})^2 + (\tau_{Fz} + \tau_{Mz})^2]}$$

[Tabela 4.1]

$$f_{vw,d} = f_{t,d} / (\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$\tau \leq f_{vw,d}$$

$$25,99 < 230,94$$

verificado (0,11)

COMENTÁRIOS

A distância entre a borda horizontal da placa e a mesa da viga superior é muito pequena 26 [mm] < 34 [mm]

Comprimento da placa juntando a viga é muito grande 200 [mm] > 185 [mm]

A conexão está em conformidade com a norma.

Relação 0,25