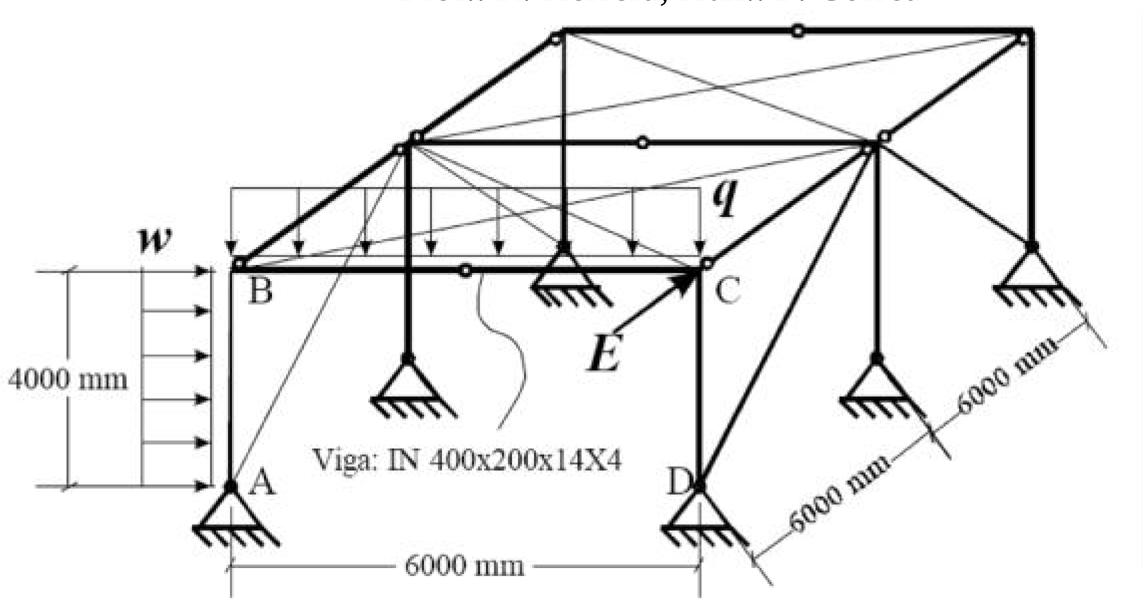
Examen CI52R: Estructuras de Acero

Semestre Otoño 2006

Prof.: R. Herrera, Aux.: P. Correa



Se debe finalizar el diseño de la estructura industrial de la figura. Las bases de diseño son las siguientes:

a)AceroA42-27ES.
b) NormaAISC-2005(LRFD).
c) Usar combinaciones de cargaASCE-7.
d) Solicitaciones:

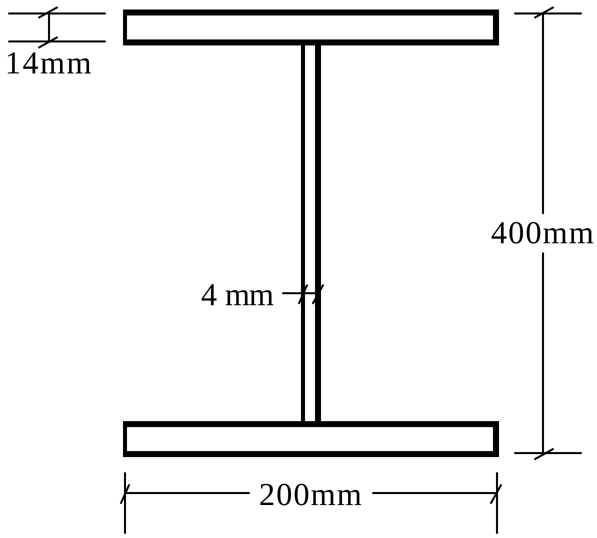
PP:	q=1,5[Tonf/m]
SC:	q=1,8[Tonf/m]
Viento:	w=0,6[Tonf/m]
	q = -0,2[Tonf/m]

P1. Diseñar la columna CD considerando todos los esfuerzos que actúan sobre ella. Use perfiles HN.

P2. Verifique la viga BC, despreciando el esfuerzo axial. ¿Qué propondría en caso de que la resistencia proporcionada por la viga no sea suficiente? Evalúe el efecto de su propuesta.

P3. Considere ahora que una carga sísmica E=23 actúa en el punto C en la dirección longitudinal de la estructura. Diseñe la diagonal traccionada usando perfiles XL y la conexión de la diagonal a la placa gusset usando la configuración mostrada en la figura de la página siguiente. Determine las dimensiones indicadas.

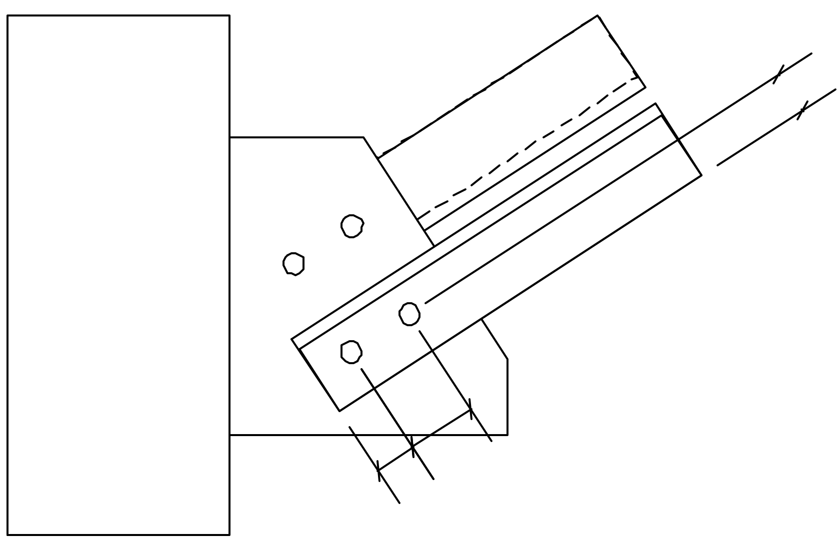
Viga: IN 400x200x14X4



$$C_w := \left(d - t_f\right)^2 \frac{b_f{}^3 t_f}{24}$$

$$J := \frac{\left[2 \cdot t_f{}^3 \cdot b_f + t_w{}^3 \cdot \left(d - 2 \cdot t_f\right)\right]}{3}$$

Detalle conexión diagonal



$tonf := 1000kgf$ $\qquad$ $MPa := 1\,10^6 Pa$

$L := 6m$ $\qquad$ $h := 4m$

Considerando las tres combinaciones de carga que intervienen:

$q_{pp} := 2\,\frac{tonf}{m}$ $\qquad$ $q_{sc} := 1.8\,\frac{tonf}{m}$ $\qquad$ $q_w := -0.2\,\frac{tonf}{m}$

$w_w := 0.6\,\frac{tonf}{m}$

Combinación 1: $\quad q_{u1} := 1.2q_{pp} + 1.6q_{sc}$ $\qquad$ $q_{u1} = 5.28\,\frac{tonf}{m}$

$w_{u1} := 0\,\frac{tonf}{m}$

Combinación 2: $\quad q_{u2} := 1.2q_{pp} + 1q_{sc} + 1.6q_w$ $\qquad$ $q_{u2} = 3.88\,\frac{tonf}{m}$

$w_{u2} := 1.6w_w$ $\qquad$ $w_{u2} = 0.96\,\frac{tonf}{m}$

Combinación 3: $\quad q_{u3} := 0.9q_{pp} + 1.6q_w$ $\qquad$ $q_{u3} = 1.48\,\frac{tonf}{m}$

$w_{u3} := 1.6w_w$ $\qquad$ $w_{u3} = 0.96\,\frac{tonf}{m}$

Claramente la combinación 3 no controla.
Del análisis estructural, los esfuerzos máximos ocurren en la esquina C, tanto para la columna como para la viga y están dados por

$$M_u(q,w) := \frac{q\cdot L^2}{8} + \frac{w\cdot h^2}{4} \qquad V_{u\_col}(q,w) := \frac{q\cdot L^2}{8\cdot h} + \frac{w\cdot h}{4} \qquad P_u(q,w) := \frac{q\cdot L}{2} + \frac{w\cdot h^2}{2L}$$

$$V_{u\_viga}(q,w) := P_u(q,w)$$

Combinación 1: $\quad M_u(q_{u1}, w_{u1}) = 23.76\,tonf\cdot m$

$V_{u\_col}(q_{u1}, w_{u1}) = 5.94\,tonf$

$P_u(q_{u1}, w_{u1}) = 15.84\,tonf$

Combinación 2: $\quad M_u(q_{u2}, w_{u2}) = 21.3\,tonf\cdot m$

$V_{u\_col}(q_{u2}, w_{u2}) = 5.325\,tonf$

$P_u(q_{u2}, w_{u2}) = 12.92\,tonf$

$L := 4m$ $\quad K_1 := 1$

$P_r := P_u(q_{u1}, w_{u1})$ $\quad P_r = 15.84\,tonf$

$M_{nt} := M_u(q_{u1}, w_{u1})$ $\quad M_{nt} = 23.76\,tonf \cdot m$

Acero A42-27ES $\quad E := 200000MPa$ $\quad F_y := 2.7\frac{tonf}{cm^2}$

HN 25x76,5:

$b_f := 25cm$ $\quad d := 25cm$ $\quad t_w := 8mm$ $\quad t_f := 16mm$

$A_g := 97.4cm^2$ $\quad I_x := 11700cm^4$ $\quad S_x := 933cm^3$ $\quad Z_x := 1030cm^3$ $\quad r_x := 10.9cm$

$I_y := 4170cm^4$ $\quad S_y := 333cm^3$ $\quad Z_y := 503cm^3$ $\quad r_y := 6.54cm$

$J := 72.3cm^4$ $\quad C_w := 0.57 \cdot 10^6 cm^6$

Compresion:

(i) Relaciones de esbeltez

Global $\quad \frac{K_1 \cdot L}{r_y} = 61.162 \quad < \quad 200 \quad$ OK

$h := d - 2t_f$

Alas $\quad k_c := \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}}$ $\quad k_c = 0.766$ $\quad 0.64\sqrt{\frac{k_c \cdot E}{F_y}} = 15.397 \quad > \quad \frac{b_f}{2t_f} = 7.813$ => alas no esbeltas

Alma $\quad 1.49\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 40.95 \quad > \quad \frac{h}{t_w} = 27.25$ $\quad$ => alma no esbelta

(ii) Resistencia nominal

La base de la columna esta simplemente apoyada, por lo tanto $G_A := 10$

Para el extremo superior $I_b := 22585cm^4$

$$G_B := \frac{\frac{E \cdot I_x}{h}}{\frac{E \cdot I_b}{L}} \qquad G_B = 9.505$$

$$f(K) := \frac{G_A \cdot G_B \cdot \left(\frac{\pi}{K}\right)^2 - 36}{6(G_A + G_B)} - \frac{\left(\frac{\pi}{K}\right)}{\tan\left(\frac{\pi}{K}\right)}$$

$K_x := \mathrm{root}(f(K), K, 1, 20) \qquad K_x = 2.976$

$\lambda_x := \frac{K_x \cdot h}{r_x} \qquad \lambda_x = 5.952 \qquad \lambda_y := \frac{1.0 \cdot h}{r_y} \qquad \lambda_y = 3.333 \quad < \quad 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 129.448$

$$F_e := \frac{\pi^2 E}{(\lambda_y)^2} \qquad F_e = 1.812 \times 10^3 \frac{tonf}{cm^2}$$

$$F_{cr} := \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) \cdot F_y \qquad F_{cr} = 2.698 \frac{tonf}{cm^2}$$

- Resistencia nominal

$P_n := F_{cr} \cdot A_g \qquad P_n = 262.816\,tonf \qquad \phi_c := 0.9 \qquad \frac{P_r}{\phi_c \cdot P_n} = 0.067$

Flexion:

(i) Demanda

$M_1 := 0 tonf \cdot m \qquad M_2 := M_{nt}$

$C_m := 0.6 - \frac{M_1}{M_2} \qquad C_m = 0.6$

$\alpha := 1$

$$P_{el} := \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_x}{(K_x \cdot h)^2} \qquad P_{el} = 5.596 \times 10^4\,\text{tonf}$$

Ojo!: Pandeo en el plano de flexión

$$B_1 := \frac{C_m}{1 - \alpha \cdot \frac{P_r}{P_{el}}} \qquad B_1 = 0.6 \quad < \quad 1.0 \quad \text{entonces} \quad B_1 := 1$$

(ii) Limites de esbeltez

$$h := d - 2t_f \qquad h = 21.8\,\text{cm}$$

$$k_c := \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}} \qquad k_c = 0.766 \qquad F_L := 0.7F_y$$

$$0.38\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 10.444 \quad > \quad \frac{b_f}{2t_f} = 7.813$$

ala compacta

$$3.76\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 103.338 \quad > \quad \frac{h}{t_w} = 27.25$$

alma compacta

(iii) Lp y Lr

Lp:

$$L_p := 1.76\, r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \qquad L_p = 3.163\,\text{m} \quad < \quad L = 4\,\text{m}$$

Lr:

$$r_{ts} := \sqrt{\frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x}} \qquad r_{ts} = 7.229\,\text{cm} \qquad c := 1$$

$$h_o := d - t_f \qquad h_o = 23.4\,\text{cm}$$

$$L_r := 1.95 r_{ts} \cdot \frac{E}{0.7F_y} \cdot \sqrt{\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_o}} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \cdot \left(\frac{0.7F_y}{E} \cdot \frac{S_x \cdot h_o}{J \cdot c}\right)^2}}$$

$$L_r = 13.091\,\text{m} \quad > \quad L = 4\,\text{m}$$

(iv) Resistencia nominal

Volcamiento

$R_m := 1$ seccion doble-T con doble simetria

$C_b := 1.67R_m$

$M_p := F_y \cdot Z_x$ $M_p = 27.81\,\mathrm{tonf \cdot m}$

$M_{n\_volc} := C_b \cdot \left[M_p - \left(M_p - 0.7F_y \cdot S_x \right) \cdot \frac{L - L_p}{L_r - L_p} \right]$ $M_{n\_volc} = 45.011\,\mathrm{tonf \cdot m}$

Entonces

$M_n := \min\left(M_p, M_{n\_volc} \right)$ $M_n = 27.81\,\mathrm{tonf \cdot m}$

$\phi_b := 0.9$ $\phi_b \cdot M_n = 25.029\,\mathrm{tonf \cdot m}$

$M_r := M_{nt}$ $M_r = 23.76\,\mathrm{tonf \cdot m}$ < $\phi_b \cdot M_n = 25.029\,\mathrm{tonf \cdot m}$ OK

$\frac{M_r}{\phi_b \cdot M_n} = 0.949$

Flexocompresion:

Usando las disposiciones de la seccion H1.1

$\frac{P_r}{\phi_c \cdot P_n} = 0.067$ < 0.2 $\frac{P_r}{2\phi_c \cdot P_n} + \frac{M_r}{\phi_b \cdot M_n} = 0.983$ OK

Alternativamente, usando las disposiciones de la seccion H1.3

Pandeo fuera del plano $\frac{P_r}{\phi_c \cdot P_n} + \left(\frac{M_r}{\phi_b \cdot M_n} \right)^2 = 0.968$ OK

Inestabilidad en el plano:

Pandeo en el plano de flexion

(i) Resistencia nominal

$\lambda_x = 5.952 \quad < \quad 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 129.448$

$F_e := \frac{\pi^2 E}{(\lambda_x)^2} \qquad F_e = 5.573 \times 10^4\,\mathrm{MPa}$

$F_{cr} := \left(0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) \cdot F_y \qquad F_{cr} = 2.695\,\frac{\mathrm{tonf}}{\mathrm{cm}^2}$

- Resistencia nominal

$P_n := F_{cr} \cdot A_g \qquad P_n = 262.458\,\mathrm{tonf} \qquad \phi_c := 0.9$

$\frac{P_r}{\phi_c \cdot P_n} = 0.067 \qquad \frac{P_r}{2\phi_c \cdot P_n} + \frac{M_r}{\phi_b \cdot M_p} = 0.983 \quad < \quad 1.0 \qquad \mathrm{OK}$

Corte:

(ii) Resistencia sin atiesadores

$h := d - 2t_f \qquad h = 218\,\mathrm{mm} \qquad \frac{h}{t_w} = 27.25 \quad < \quad 2.24 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 61.563 \qquad => \qquad C_v := 1$

$V_n := \left(0.6 F_y \cdot d \cdot t_w \cdot C_v\right) \qquad V_n = 32.4\,\mathrm{tonf} \qquad \phi_v := 0.9 \qquad \phi_v \cdot V_n = 29.16\,\mathrm{tonf}$

$\frac{V_{u\_col}(q_{u1}, w_{u1})}{(\phi_v \cdot V_n)} = 0.204 \qquad \mathrm{OK}$

$tonf := 1000kgf$

$h := 4m \qquad L := 6m \qquad L_b := L$

$q_{pp} := 1.5\frac{tonf}{m} \qquad q_{sc} := 1.8\frac{tonf}{m} \qquad q_w := -0.2\frac{tonf}{m} \qquad w_w := 0.6\frac{tonf}{m}$

Combinación 1: $q_u := 1.2q_{pp} + 1.6q_{sc} \qquad q_u = 4.68\frac{tonf}{m}$

$w_u := 0\frac{tonf}{m}$

$M_u := \frac{q_u \cdot L^2}{8} + \frac{w_u \cdot h^2}{4} \qquad V_{u\_col} := \frac{q_u \cdot L^2}{8 \cdot h} + \frac{w_u \cdot h}{4} \qquad P_u := \frac{q_u \cdot L}{2} + \frac{w_u \cdot h^2}{2L}$

$V_{u\_viga} := P_u$

IN 100X40X20X10

$d := 40cm \qquad b_f := 20cm \qquad t_f := 14mm \qquad t_w := 4mm$

$A_g := 2b_f \cdot t_f + (d - 2t_f)t_w \qquad A_g = 70.88\,cm^2$

$I_x := 2\cdot\left[b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{d - t_f}{2}\right)^2 + b_f \cdot \frac{t_f^3}{12}\right] + (d - 2\cdot t_f)^3 \cdot \frac{t_w}{12} \qquad I_x = 22585\,cm^4$

$S_x := \frac{2I_x}{d} \qquad S_x = 1129\,cm^3$

$r_x := \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} \qquad r_x = 17.85\,cm$

$Z_x := b_f \cdot t_f \cdot (d - t_f) + \frac{(d - 2t_f)^2}{4} t_w \qquad Z_x = 1219\,cm^3$

$I_y := 2\cdot\left(t_f \cdot \frac{b_f^3}{12}\right) + (d - 2\cdot t_f)\cdot\frac{t_w^3}{12} \qquad I_y = 1867\,cm^4$

$S_y := \frac{2I_y}{b_f} \qquad S_y = 187\,cm^3$

$r_y := \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} \qquad r_y = 5.132\,cm$

$$C_w := \left(d - t_f\right)^2 \frac{b_f^3 t_f}{24} \qquad C_w = 695315\,cm^6$$

$$J := \frac{2 \cdot t_f^3 \cdot b_f + t_w^3 \cdot \left(d - 2 \cdot t_f\right)}{3} \qquad J = 37.38\,cm^4$$

Acero A42-27ES $\quad E := 2100 \frac{tonf}{cm^2} \qquad F_y := 2.7 \frac{tonf}{cm^2}$

a) FLEXION:

(i) Limites de esbeltez

$$\frac{b_f}{2t_f} = 7.143 \quad < \quad 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 10.598$$ ala compacta

$$h := d - 2t_f \qquad h = 37.2\,cm$$

$$\frac{h}{t_w} = 93 \quad < \quad 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 104.861$$ alma compacta

(ii) Lp y Lr

$$L_p := 1.76\, r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \qquad L_p = 2.519\ m \ < \quad L_b = 6\ m$$

Lr:

$$r_{ts} := \sqrt{\frac{\sqrt{I_y \cdot C_w}}{S_x}} \qquad r_{ts} = 5.648\,cm$$

$$c := 1$$

$$h_o := d - t_f \qquad h_o = 38.6\,cm$$

$$L_r := 1.95 r_{ts} \cdot \frac{E}{0.7F_y} \cdot \sqrt{\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_o}} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \cdot \left(\frac{0.7F_y}{E} \cdot \frac{S_x \cdot h_o}{J \cdot c}\right)^2}}$$

$$L_r = 7.083\ m \ > \quad L_b = 6\ m$$

(ii) Resistencia nominal

(a) Fluencia

$$M_p := F_y \cdot Z_x \qquad M_p = 32.918\,tonf \cdot m$$

(b) Volcamiento

$$M(x) := \frac{-q_u \cdot L^2}{8} + \frac{q_u \cdot L}{2} x - \frac{q_u}{2} x^2$$

$M_{max} := |M(L)|$ $\quad M_{max} = 21.06\,\text{tonf}\cdot\text{m}$ $\quad M_A := \left|M\left(\frac{L}{4}\right)\right|$ $\quad M_A = 5.265\,\text{tonf}\cdot\text{m}$

$M_B := \left|M\left(\frac{L}{2}\right)\right|$ $\quad M_B = 0\,\text{tonf}\cdot\text{m}$ $\quad M_C := \left|M\left(\frac{3L}{4}\right)\right|$ $\quad M_C = 5.265\,\text{tonf}\cdot\text{m}$

$R_m := 1$ seccion doble-T con doble simetria

$$C_b := \frac{12.5M_{max}}{2.5M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} R_m \qquad C_b = 3.125 \quad => \quad C_b := 3$$

$$M_{n\_Volc} := C_b \cdot \left[M_p - \left(M_p - 0.7F_y \cdot S_x\right) \cdot \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p}\right] \qquad M_{n\_Volc} = 72.269\,\text{tonf}\cdot\text{m}$$

Entonces

$M_n := \min\left(M_p, M_{n\_Volc}\right)$ $\quad M_n = 32.918\,\text{tonf}\cdot\text{m}$

$\phi_b := 0.9$ $\quad \phi_b \cdot M_n = 29.626\,\text{tonf}\cdot\text{m}$

$M_u := M_{max}$ $\quad M_u = 21.06\,\text{tonf}\cdot\text{m}$ $\quad < \quad \phi_b \cdot M_n = 29.626\,\text{tonf}\cdot\text{m}$

$$\frac{M_u}{\phi_b \cdot M_n} = 0.711 \qquad \text{OK}$$

b) CORTE:

(i) Diagrama de corte:

$$V_u(x) := \frac{q_u \cdot L}{2} - q_u \cdot x$$

(ii) Resistencia sin atiesadores

$h := d - 2t_f$ $\quad h = 372\,\text{mm}$ $\quad \frac{h}{t_w} = 93$ $\quad > \quad 2.24 \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 62.471$

$$\frac{h}{t_w} = 93 \quad < \quad 260 \quad \text{entonces} \quad k_v := 5$$

$$1.37 \cdot \sqrt{\frac{k_v \cdot E}{F_y}} = 85.435 < \frac{h}{t_w} = 93$$

$$C_v := \frac{1.51 k_v \cdot E}{\left(\frac{h}{t_w}\right)^2 \cdot F_y} \qquad C_v = 0.679$$

$$V_n := \left(0.6 F_y \cdot d \cdot t_w \cdot C_v\right) \qquad V_n = 17.598\,\text{tonf} \qquad \phi_v := 0.9 \qquad \phi_v \cdot V_n = 15.839\,\text{tonf}$$

Si se considera una columna de altura $d_c := 30\text{cm}$ el corte máximo en la viga será

$$V_{umax} := V_u\left(\frac{d_c}{2}\right) \qquad V_{umax} = 13.338\,\text{tonf}$$

La resistencia provista por la viga sin atiesadores es suficiente para el corte máximo.

$\text{tonf} := 1000\text{kgf}$ $\quad\quad$ $\text{MPa} := 1\,10^6\text{Pa}$

Acero A42-27ES $\quad$ $E := 2100\,\dfrac{\text{tonf}}{\text{cm}^2}$ $\quad$ $F_y := 2.7\,\dfrac{\text{tonf}}{\text{cm}^2}$ $\quad$ $F_u := 4.2\,\dfrac{\text{tonf}}{\text{cm}^2}$

La tracción en la diagonal es igual a $\quad T := \dfrac{\sqrt{13}}{3}\cdot 23\text{tonf}$ $\quad\quad$ $T = 27.643\,\text{tonf}$

Considerando fluencia del área bruta, el área bruta requerida es

$\phi_t := 0.9$ $\quad\quad$ $A_{req} := \dfrac{T}{\phi_t \cdot F_y}$ $\quad\quad$ $A_{req} = 11.376\,\text{cm}^2$

Intentar con un XL 13x9,56 $\quad$ $A_g := 12.2\text{cm}^2$ $\quad$ $b := 6.5\text{cm}$ $\quad$ $t := 5\text{mm}$

Ahora necesitamos determinar el tamaño de los pernos requerido. La fuerza por perno es

$$T_b := \frac{T}{4} \qquad T_b = 6.911\,\text{tonf}$$

Usando pernos A325-N: $F_{nv} := 330\text{MPa}$ $\quad$ $\phi_v := 0.75$

El área de cada perno requerida es $\quad A_{b\_req} := \dfrac{T_b}{\phi_v \cdot F_{nv}}$

y el diámetro mínimo es entonces $\quad d_{b\_req} := \sqrt{\dfrac{4A_{b\_req}}{\pi}}$ $\quad\quad$ $d_{b\_req} = 1.867\,\text{cm}$

$d_{b\_req} = 0.735\,\text{in}$

Usar pernos de 3/4" ó 19 mm de diámetro. Usamos $\quad d_b := 19\text{mm}$

Falta verficar la fractura en la sección neta del XL. Considerando perforaciones estándar, el área neta de cada L será

$$A_n := \frac{A_g}{2} - \left(d_b + 5\text{mm}\right)\cdot t \qquad A_n = 4.9\,\text{cm}^2$$

Para el área neta efectiva $\quad l := 75\text{mm}$ $\quad$ $x_{bar} := 1.86\text{cm}$

$$U := 1 - \frac{x_{bar}}{l} \qquad U = 0.752$$

(alternativamente puede usarse U = 0.6 del caso 8)

$$A_e := U \cdot A_n \qquad A_e = 3.685\,\text{cm}^2$$

Entonces la resistencia a la fractura en tracción del área neta efectiva es

$\phi_t := 0.75 \qquad T_n := F_u \cdot A_e \qquad T_n = 15.476\,\text{tonf}$

$\phi_t \cdot T_n = 11.607\,\text{tonf} \quad < \quad \frac{T}{2} = 13.821\,\text{tonf}$ No cumple

Intentar con un XL 16x11,9 $\quad A_g := 15.2\text{cm}^2 \qquad b := 8\text{cm} \qquad t := 5\text{mm}$

Verificando la fractura en la sección neta del XL

$$A_n := \frac{A_g}{2} - (d_b + 5\text{mm}) \cdot t \qquad A_n = 6.4\,\text{cm}^2$$

Para el área neta efectiva $\quad l := 75\text{mm} \qquad x_{bar} := 2.23\text{cm}$

$U := 1 - \frac{x_{bar}}{l} \qquad U = 0.703$ (alternativamente puede usarse U = 0.6 del caso 8)

$A_e := U \cdot A_n \qquad A_e = 4.497\,\text{cm}^2$

Entonces la resistencia a la fractura en tracción del área neta efectiva es

$\phi_t := 0.75 \qquad T_n := F_u \cdot A_e \qquad T_n = 18.888\,\text{tonf}$

$\phi_t \cdot T_n = 14.166\,\text{tonf} \quad < \quad \frac{T}{2} = 13.821\,\text{tonf}$ OK

Aplastamiento: considerando una distancia al borde de 50 cm en la dirección paralela a la de la fuerza

$$L_c := 50\text{mm} - \frac{d_b + 5\text{mm}}{2}$$

$R_n := 1.5L_c \cdot t \cdot F_u \qquad R_n = 11.97\,\text{tonf} \quad \le \quad 3d_b \cdot t \cdot F_u = 11.97\,\text{tonf}$

$\phi := 0.75 \qquad \phi \cdot R_n = 8.978\,\text{tonf} \quad > \quad T_b = 6.911\,\text{tonf}$ OK

Bloque de corte:

Si ubicamos los pernos a una distancia de 40 mm desde el borde del perfil L, tenemos que

$$A_{nt} := t \cdot \left(40\text{mm} - \frac{d_b + 5\text{mm}}{2}\right) \qquad A_{nt} = 1.4\,\text{cm}^2$$

$$A_{gv} := t \cdot (75\text{mm} + 50\text{mm}) \qquad A_{gv} = 6.25\,\text{cm}^2$$

$$A_{nv} := A_{gv} - t\cdot\left(3\frac{d_b + 5mm}{2}\right) \qquad A_{nv} = 4.45\,cm^2$$

$$U_{bs} := 1$$

$$R_{n1} := 0.6F_u\cdot A_{nv} + U_{bs}\cdot F_u\cdot A_{nt} \qquad R_{n1} = 17.094\,tonf$$

$$R_{n2} := 0.6F_y\cdot A_{gv} + U_{bs}\cdot F_u\cdot A_{nt} \qquad R_{n2} = 16.005\,tonf$$

$$R_n := \min(R_{n1}, R_{n2}) \qquad \phi\cdot R_n = 12.004\,tonf \quad < \quad \frac{T}{2} = 13.821\,tonf$$ No cumple

Intentar con un XL 16x14,1 $A_g := 18.0cm^2$ $b := 8cm$ $t := 6mm$

$$A_{nt} := t\cdot\left(40mm - \frac{d_b + 5mm}{2}\right) \qquad A_{nt} = 1.68\,cm^2$$

$$A_{gv} := t\cdot(75mm + 50mm) \qquad A_{gv} = 7.5\,cm^2$$

$$A_{nv} := A_{gv} - t\cdot\left(3\frac{d_b + 5mm}{2}\right) \qquad A_{nv} = 5.34\,cm^2$$

$$R_{n1} := 0.6F_u\cdot A_{nv} + U_{bs}\cdot F_u\cdot A_{nt} \qquad R_{n1} = 20.513\,tonf$$

$$R_{n2} := 0.6F_y\cdot A_{gv} + U_{bs}\cdot F_u\cdot A_{nt} \qquad R_{n2} = 19.206\,tonf$$

$$R_n := \min(R_{n1}, R_{n2}) \qquad \phi\cdot R_n = 14.405\,tonf \quad > \quad \frac{T}{2} = 13.821\,tonf$$ OK

Configuración final: