

طراحی اتصال گوشه جوشی المانهای خربایی با مقطع دابل نبشی

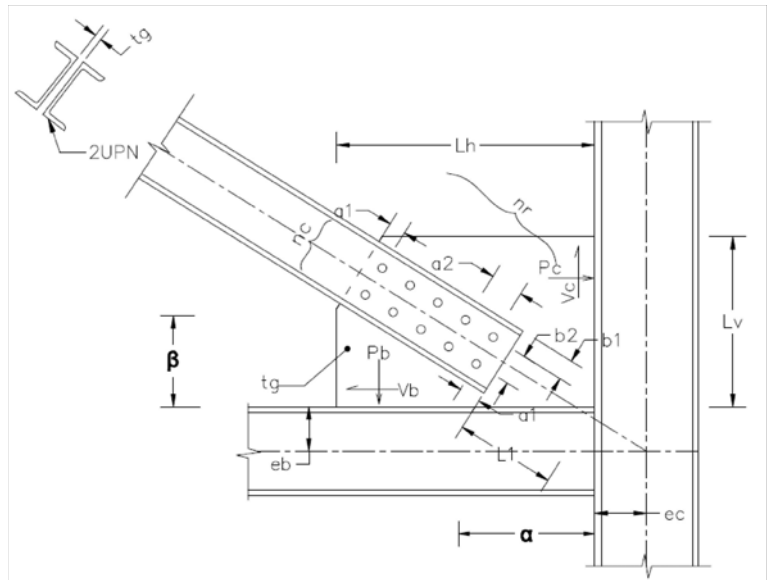
مشخصات مقطع المان قطرى

مقطع بادبندی: 2L120x12

مساحت کل مقطع $A_g := 54.72$

$$F_y := 2400 \quad F_u := 3700$$

مدول الاستیسیته فولاد $E := 2 \cdot 10^6$ $F_{ye} := 1.15 \cdot F_y$

$$b_{br} := 10$$
$$b_{fb} := 20$$
$$t_{fb} := 1.5$$
$$t_{wb} := .8$$
$$h_b := 23$$


توجه شکل شماتیک است

$$A_b := 2 \cdot b_{fb} \cdot t_{fb} + (h_b - 2t_{fb}) \cdot t_{wb} = 76$$

مشخصات و سایل اتصال

سانتیمتر $t_g := 1.5$ ضخامت ورق اتصال بادی

ارتفاع گاست اتصال $L_v := 60$ سانتیمتر

عرض گاست اتصال $L_h := 40$ سانتیمتر

 $L_1 := 20$ سانتی‌متر

سانتیمتر $\text{clip} := 0$ بریدگی ورق در گوشه اتصال

زاویه بادبندی با قائم

 $\theta := 45$

درجه

سانتیمتر $L_w := 40$ طول خط جوش ناودانی ها

مقاومت الکترو د جوشکاری $F_{JE} := 4900$

بعد جوش گوشه ستون یا پلیت $D_{WC} := 10$ میلیمتر

$D_{wh} := 10$ بعد جوش گوشه تیر

بعد جوش مهاربند $D_{wbrace} := 10$

ضریب بازاری جوش $\phi := 0.85$

مشصات ستون

سانتیمتر $e_c := 15$ نصف عرض ستون

ضخامت جان ستون $t_{wc} := 1.5$

فاصله از سطح خارجی بال تا انتهای دو ماهیچه جان ستون $k_c := 1.5$

ضخامت بال ستون $t_{fc} := 2$

مشخصات تیر

$$e_b := \frac{n_b}{2} = 11.5 \text{ سانتیمتر}$$

سانتیمتر $k_h := 1.5$ فاصله از سطح خارجی بال تا انتهای دو ماهیچه جان تیر

برش ماکزیمم تیر $R_{ub} := 5$ ton

کنترل تنش:

شعاع ژیراسیون مینیموم المان قطری

$$r_{\min} := 3.036$$

سانتیمتر

طول المان قطرى

$$L_{\text{br}} := 400$$

سانتیمتر

نیروی طراحی المانها

$$K := 1$$

$$\lambda := \frac{K \cdot L_{br}}{r_{min}} = 131.752 \quad C_c := \frac{6440}{\sqrt{F_y}} = 131.456$$

$$F_S := 1.67 + 0.375 \cdot \frac{\lambda}{C_c} - 0.125 \cdot \left(\frac{\lambda}{C_c} \right)^3 = 1.92$$

$$F_a := \begin{cases} \left[\frac{1}{F_S} \cdot \left[1 - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\lambda}{C_c} \right)^2 \right] \cdot F_y \right] & \text{if } \lambda \leq C_c \\ \frac{105 \cdot 10^5}{\lambda^2} & \text{otherwise} \end{cases} \quad F_a = 604.885$$

مطابق صفحه ۹۹ مبحث ۱۰ اتصال خرپا باید بتواند حداقل ۷۵٪ ظرفیت مجاز کششی مقطع را تحمل نماید که در جهت اطمینان ۱۰۰٪ مقدار فوق ملاک طراحی قرار گرفته است. همچنین باید بتواند ظرفیت مجاز فشاری مقطع را نیز تحمل کند که ۱۰۰٪ مقدار فوق الذکر ملاک طراحی قرار گرفته است

$$P_{br} := F_a \cdot A_g \cdot 10^{-3} = 33.099 \quad \text{تن} \quad \text{نیروی فشاری طراحی اتصال}$$

$$T_{br} := 0.6 \cdot F_y \cdot A_g \cdot 10^{-3} = 78.797 \quad \text{تن} \quad \text{نیروی کششی طراحی اتصال}$$

$$P_{beam} := 0.5 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot A_b \cdot 10^{-3} = 54.72 \quad \text{نیروی کششی تیر}$$

کنترل المان نبشی

manual of steel construction load and resistant factor design volume ۳ page ۱۱-۲۷

$$X_b := \frac{\left[t_g \cdot (L_h - \text{clip}) \cdot \frac{L_h - \text{clip}}{2} \right]}{t_g \cdot (L_h - \text{clip})} = 20 \quad \text{cm} \quad \text{مرکز سطح جوش اتصال گاست به تیر}$$

$$X_c := \frac{t_g \cdot (L_v - \text{clip}) \cdot \frac{L_v - \text{clip}}{2}}{t_g \cdot (L_v - \text{clip})} = 30 \quad \text{cm} \quad \text{مرکز سطح جوش اتصال گاست به ستون}$$

$$\alpha_b := \text{clip} + L_h - X_b = 20 \quad \text{cm} \quad \text{فاصله از لبه بال ستون تا مرکز اتصال گاست به تیر}$$

$$\beta_b := \text{clip} + L_v - X_c = 30 \quad \text{cm} \quad \text{فاصله از لبه بال تیر تا مرکز اتصال گاست به ستون}$$

توجه

$$\alpha - \beta \tan \theta = e_b \tan \theta - e_c$$

برای توزیع بار نشان داده شده در شکل بالا جهت اینکه در مقطع ممان تولید نشود رابطه زیر باید برقرار باشد

$$\text{طول افقی لازم برای حذف ممان در اتصال} \quad 2 \left[(e_b + \beta_b) \cdot \tan \left(\frac{\pi}{180} \cdot \theta \right) - e_c \right] = 53 \quad \text{cm}$$

$$K_{ww} := (e_b) \cdot \tan \left(\frac{\pi}{180} \cdot \theta \right) - e_c \quad K' := \alpha_b \cdot \left(\tan \left(\frac{\pi}{180} \cdot \theta \right) + \frac{\alpha_b}{\beta_b} \right) \quad D := \tan \left(\frac{\pi}{180} \cdot \theta \right)^2 + \left(\frac{\alpha_b}{\beta_b} \right)^2$$

$$\alpha := \frac{K' \cdot \tan \left(\frac{\pi}{180} \cdot \theta \right) + K \left(\frac{\alpha_b}{\beta_b} \right)^2}{D} = 22 \quad \text{cm} \quad \text{فاصله از لبه بال ستون تا محل اثر بار بر روی بال تیر}$$

$$\beta := \frac{\left(K' - K \cdot \tan \left(\frac{\pi}{180} \cdot \theta \right) \right)}{D} = 25.5 \quad \text{cm} \quad \text{فاصله از لبه بال تیر تا محل اثر بار بر روی بال ستون}$$

کنترل تنش در جوش: اتصال مهاربند به گاست

$$\text{Check1} := \text{if} \left(\frac{T_{br} \cdot 10^3}{\frac{D_{wbrace}}{10} \cdot L_w \cdot 2 \cdot 2} \leq \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \phi \cdot 0.3 \cdot F_{uE}, "OK", "N.Ok" \right)$$

$$\text{Ratio1} := \frac{\frac{T_{br} \cdot 10^3}{\frac{D_{wbrace}}{10} \cdot L_w \cdot 2 \cdot 2}}{\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \phi \cdot 0.3 \cdot F_{uE}} = 0.557$$

Check1 = "OK"

کنترل گاست برای کشی:

علت اعمال ضریب ۰.۸۵ اینست که مطمئن شویم وقتی که خط با زاویه ۳۰ درجه ترسیم می شود حتما از پلیت خارج نشده است

$$W := 0.85 \cdot \left(b_{br} + 2 \cdot \tan\left(\frac{\pi}{180} \cdot 30\right) \cdot L_w \right) = 47.76$$

$$A_1 := W \cdot t_g = 71.64$$

$$\text{Check2} := \text{if} \left(\frac{T_{br} \cdot 10^3}{A_1} \leq 0.6 F_y, "OK", "N.Ok" \right)$$

Check2 = "OK"

$$\text{Ratio2} := \frac{\frac{T_{br} \cdot 10^3}{A_1}}{0.6 F_y} = 0.764$$

کنترل کمایش گاست در عرض وتیمور:

$$r_{pl} := 0.3 \cdot t_g = 0.45$$

$$K_{pl} := 1.2$$

$$\lambda_{pl} := \frac{K_{pl} \cdot L_1}{r_{pl}} = 53.333$$

$$C_{\alpha\alpha} := \frac{6440}{\sqrt{F_y}} = 131.456 \quad F_{S\alpha} := 1.67 + 0.375 \cdot \frac{\lambda_{pl}}{C_c} - 0.125 \cdot \left(\frac{\lambda_{pl}}{C_c} \right)^3 = 1.814$$

$$F_{apl} := \begin{cases} \left[\frac{1}{F_S} \cdot \left[1 - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{\lambda_{pl}}{C_c} \right)^2 \right] \cdot F_y \right] & \text{if } \lambda_{pl} \leq C_c \\ \frac{105 \cdot 10^5}{\lambda_{pl}^2} & \text{otherwise} \end{cases} \quad F_{apl} = 1.214 \times 10^3$$

$$\text{Check3} := \text{if} \left(\frac{P_{br} \cdot 10^3}{A_1} \leq F_{apl}, "OK", "N.Ok" \right)$$

Check3 = "OK"

$$\text{Ratio3} := \frac{\frac{P_{br} \cdot 10^3}{A_1}}{F_{apl}} = 0.38$$

کنترل نیروها در نزدیکی اتصال

$$R := \sqrt{(\alpha + e_c)^2 + (\beta + e_b)^2} = 52.326$$

مرکز سطح جوش اتصال گاست به تیر

$$X_b = 20 \quad \text{cm}$$

ممان اینرسی جوش اتصال گاست به تیر

$$I_b := \frac{t_g \cdot (L_h - \text{clip})^3}{12} + L_h \cdot t_g \cdot \left(\frac{L_h - \text{clip}}{2} - X_b \right)^2 = 8 \times 10^3$$

$$S_{\min b} := \frac{I_b}{(L_h - X_b)} = 400$$

مرکز سطح جوش اتصال گاست به ستون

$$X_c = 30 \quad \text{cm}$$

ممان اینرسی جوش اتصال گاست به ستون

$$I_c := \frac{t_g \cdot (L_v - \text{clip})^3}{12} + L_v \cdot t_g \cdot \left(\frac{L_v - \text{clip}}{2} - X_c \right)^2 = 2.7 \times 10^4$$

$$S_{\min c} := \frac{I_c}{(L_v - \text{clip} - X_c)} = 900$$

نیروهای کنار تیر:

$$P_b := T_{br} \cdot \left(\frac{e_b}{R} \right) = 17.318$$

$$V_b := T_{br} \cdot \frac{\alpha}{R} = 33.129$$

$$M_b := P_b \cdot |\alpha - \alpha_b| \cdot 10^{-2} = 0.346 \quad \text{ton.m}$$

سهم ممان اتصال تیر به گاست

$$P_c := T_{br} \cdot \left(\frac{e_c}{R} \right) = 22.588 \quad \text{ton}$$

نیروهای کنار ستون

$$V_c := T_{br} \cdot \frac{\beta}{R} = 38.4 \quad \text{ton}$$

$$M_c := P_c \cdot |\beta - \beta_b| \cdot 10^{-2} = 1.016 \quad \text{ton.m}$$

سهم ممان اتصال ستون به گاست

کنترل تنشها در نزدیکی تیر:

$$P_b = 17.318 \quad \text{ton}$$

نیروهای کنار ستون

$$V_b = 33.129 \quad \text{ton}$$

$$M_b = 0.346 \quad \text{ton.m}$$

سهم ممان اتصال ستون به گاست

$$A_s := t_g \cdot (L_h - \text{clip}) = 60$$

$$f_v := \frac{V_b \cdot 10^3}{A_s} = 552.158 \quad f_a := \frac{P_b \cdot 10^3}{A_s} = 288.628 \quad f_b := \frac{M_b \cdot 10^5}{S_{minb}} = 86.588$$

$$f_s := \sqrt{(f_a + f_b)^2 + f_v^2} = 667.582$$

$$\text{Check4} := \text{if}(f_s \leq 0.6F_y, \text{"OK"}, \text{"N.Ok"})$$

Check4 = "OK"

$$\text{Ratio4} := \frac{f_s}{0.6F_y} = 0.464$$

کنترل تنش در نزدیکی ستون:

$$P_c = 22.588 \quad \text{ton}$$

نیروهای کنار ستون

$$V_c = 38.4 \quad \text{ton}$$

$$M_c = 1.016 \quad \text{ton.m}$$

سهم ممان اتصال ستون به گاست

$$A_s := t_g \cdot (L_v - \text{clip}) = 90$$

$$f_v := \frac{V_c \cdot 10^3}{A_s} = 426.667$$

$$\text{Check5} := \text{if}(f_v \leq 0.4F_y, \text{"OK"}, \text{"N.Ok"}) = \text{"OK"}$$

Check5 = "OK"

$$f_a := \frac{P_c \cdot 10^3}{A_s} = 250.981$$

$$\text{Ratio5} := \frac{f_v}{0.4F_y} = 0.444$$

$$f_b := \frac{M_c \cdot 10^5}{S_{minc}} = 112.941$$

$$f_s := \sqrt{(f_a + f_b)^2 + f_v^2} = 560.789$$

$$\text{Check6} := \text{if}(f_s \leq 0.6F_y, \text{"OK"}, \text{"N.Ok"})$$

Check6 = "OK"

$$\text{Ratio6} := \frac{f_s}{0.6F_y} = 0.389$$

کنترل جوش گاست به تیر و ستون:

کنترل جوش در نزدیکی ستون

$$L_{wc} := 2 \cdot (L_v - clip) = 120$$

$$A_w := \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{D_{wc}}{10} \cdot L_{wc} = 84.853 \quad X := \frac{2 \cdot \frac{(L_v - clip)^2}{2}}{2 \cdot (L_v - clip)} = 30$$

$$I := 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{D_{wc}}{10} \cdot \left[\frac{(L_v - clip)^3}{12} + (L_v - clip) \cdot \left(\frac{L_v - clip}{2} - X \right)^2 \right] = 2.546 \times 10^4$$

$$S_w := \frac{I}{L_v - clip - X} = 848.528 \quad A_g := t_g \cdot L_v = 90$$

$$f_x := \frac{V_c \cdot 10^3}{A_w} = 452.549 \quad f_{y1} := \frac{P_c \cdot 10^3}{A_w} = 266.205 \quad f_{y2} := \frac{M_c \cdot 10^5}{S_w} = 119.792$$

کنترل تنش ترکیبی

$$f_{peak} := \sqrt{f_x^2 + (f_{y1} + f_{y2})^2} = 594.807$$

$$f_{avg} := \frac{1}{2} \cdot \left[\sqrt{f_x^2 + (f_{y1} + f_{y2})^2} + \sqrt{f_x^2 + (f_{y1} - f_{y2})^2} \right] = 535.226$$

جهت اطمینان از توزیع تنش

$$f_T := \begin{cases} 1.4 \cdot f_{avg} & \text{if } \frac{f_{peak}}{f_{avg}} \leq 1.4 \\ f_{peak} & \text{otherwise} \end{cases} \quad f_T = 594.807 \quad \frac{kg}{cm^2}$$

$$Check7 := \text{if}(f_T \leq 0.3\phi \cdot F_{uE}, "OK", "N.Ok")$$

$$Check7 = "OK"$$

$$Ratio7 := \frac{f_T}{0.3\phi \cdot F_{uE}} = 0.476$$

ضخامت بخشی از ستون که گاست به آن متصل می شود: $t_{cf} := 1.5$ سانتیمتر

$$ضخامت ورق نازکتر جوش شونده: \quad t_{min} := \min(t_g, t_{cf}) \cdot 10 = 15$$

حداکثر بعد جوش

$$D_{max} := \begin{cases} \max[(t_{min} - 2), 7] & \text{if } t_{min} \geq 7 \\ t_{min} & \text{otherwise} \end{cases}$$

حداقل بعد جوش:

$$D_{min} := \begin{cases} 5 & \text{if } t_{min} \leq 12 \\ 7 & \text{if } 12 < t_{min} \leq 20 \\ 8 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$D_{max} = 13$$

$$D_{min} = 7$$

$$Check8 := \text{if}(D_{min} \leq D_{wc} \leq D_{max}, "OK", "N.G.")$$

کنترل جوش در نزدیکی تیر

$$Check8 = "OK"$$

$$L_{wb} := 2 \cdot (L_h - clip) = 80$$

$$A_{wb} := \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{D_{wb}}{10} \cdot L_{wb} = 56.569$$

$$X_w := \frac{2 \cdot \frac{(L_h - clip)^2}{2}}{2 \cdot (L_h - clip)} = 20$$

$$I_w := 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{D_{wb}}{10} \cdot \left[\frac{(L_h - clip)^3}{12} + L_h \cdot \left(\frac{L_h - clip}{2} - X \right)^2 \right] = 7.542 \times 10^3$$

$$S_{wb} := \frac{I}{L_h - clip - X} = 377.124$$

$$f_{y1} := \frac{P_b \cdot 10^3}{A_w} = 306.136$$

$$f_{y2} := \frac{M_b \cdot 10^5}{S_w} = 91.841$$

$$f_{xx} := \frac{V_b \cdot 10^3}{A_w} = 585.652$$

$$f_{peak} := \sqrt{f_x^2 + (f_{y1} + f_{y2})^2} = 708.078$$

manual of steel construction load and
resistant factor design volume \ page ۱۱-۳۸

$$f_{avg} := \frac{1}{2} \cdot \left[\sqrt{f_x^2 + (f_{y1} + f_{y2})^2} + \sqrt{f_x^2 + (f_{y1} - f_{y2})^2} \right] = 665.852$$

جهت اطمینان از توزیع تنش

$$f_{vv} := \begin{cases} 1.4 \cdot f_{avg} & \text{if } \frac{f_{peak}}{f_{avg}} \leq 1.4 \\ f_{peak} & \end{cases}$$

$$f_T = 708.078 \quad \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Check9} := \text{if}(f_T \leq 0.3 \phi \cdot F_{uE}, \text{"OK"}, \text{"N.Ok"})$$

Check9 = "OK"

$$\text{ratio9} := \frac{f_T}{(0.3 \phi \cdot F_{uE})} = 0.567$$

ضخامت ورق نازکتر جوش شونده

$$t_{min} := \min(t_g, t_{fb}) \cdot 10 = 15 \quad \text{میلیمتر}$$

حداکثر بعد جوش

$$D_{max} := \begin{cases} \max[(t_{min} - 2), 7] & \text{if } t_{min} \geq 7 \\ t_{min} & \text{otherwise} \end{cases}$$

حداقل بعد جوش

$$D_{min} := \begin{cases} 5 & \text{if } t_{min} \leq 12 \\ 7 & \text{if } 12 < t_{min} \leq 20 \\ 8 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$D_{max} = 13$$

$$D_{min} = 7$$

$$\text{Check10} := \text{if}(D_{min} \leq D_{wb} \leq D_{max}, \text{"OK"}, \text{"N.G."})$$

Check10 = "OK"

کنترل تسلیم موضعی جان تیر

$$N := L_h - \text{clip} = 40 \quad \text{cm}$$

$$R_n := (2.5k_b + N)0.66 \cdot F_y \cdot t_{wb} \cdot 10^{-3} = 55.44 \quad \text{ton}$$

$$\text{Check11} := \text{if}(P_b \leq R_n, \text{"OK"}, \text{"N.Ok"})$$

Check11 = "OK"

$$\text{Ratio12} := \frac{P_b}{R_n} = 0.312$$

کنترل لهدگی جان تیر

$$d := 2e_b$$

$$R := 285 \cdot t_{wb}^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d} \right) \left(\frac{t_{wb}}{t_{fb}} \right)^2 \right] \cdot \sqrt{F_y \cdot \frac{t_{fb}}{t_{wb}}} \cdot 10^{-3} = 37.1 \quad \text{ton}$$

$$\text{Check12} := \text{if}(P_b \leq R, \text{"OK"}, \text{"N.Ok"})$$

Check12 = "OK"

$$\text{Ratio10} := \frac{P_b}{R} = 0.467$$

طراحی گاست اتصال

طراحی پیچهای اتصال تیر به ورق سر

قطر بولت

$d_b := 27$

میلیمتر

قطر سوراخ

$d_h := 30$

میلیمتر

مقاومت نهایی بولت

$F_{ub} := 10000$

کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

$$A_{bolt} := \frac{\pi \cdot (d_b)^2}{400} = 5.726$$

تعداد ستون بولت

$n_c := 2$

تعداد ردیف بولت

$n_r := 2$

فاصله بولتها از هم در راستای افقی

$L_{h2} := 13$

سانتیمتر

فاصله بولت ها از هم در راستای قائم

$L_{v2} := 8$

سانتیمتر

فاصله بولتها از لبه ورق در امتداد قائم

$L_{v1} := 4.5$

سانتیمتر

فاصله بولتها از لبه ورق در امتداد افقی

$L_{h1} := 4.5$

سانتیمتر

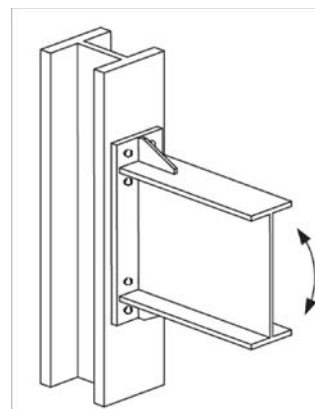
فاصله اولین بولت تا روی بال بالای تیر

$P_f := 5$

سانتیمتر

$g := 15$

سانتیمتر



مقادیر بین ۱۴ تا ۲۰ سانتیمتر مناسب است

مشخصات ورق سر

عرض ورق سر

$b_s := g + 2L_{h1} = 24$

سانتیمتر

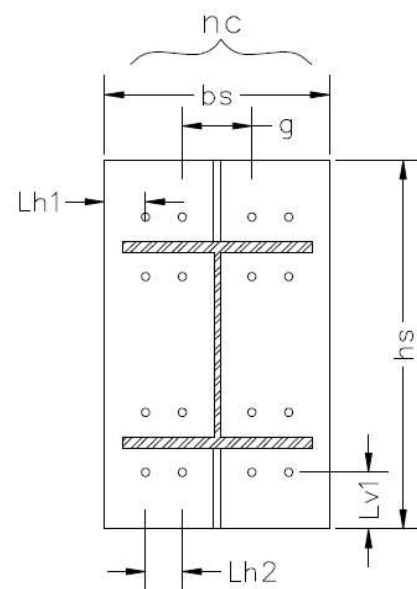
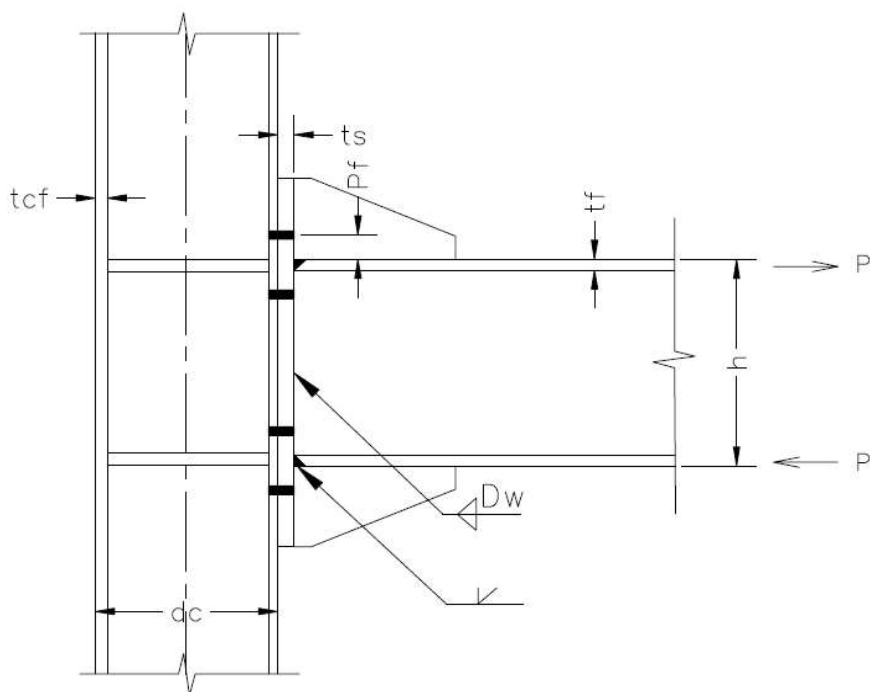
ارتفاع ورق سر

$h_s := h_b + 2 \cdot P_f + 2L_{v1} = 42$

سانتیمتر

$t_s := 3$

سانتیمتر



$$V_{beam} := 0.5 \cdot 4 \cdot h_b \cdot t_{wb} \cdot F_y \cdot 10^{-3} = 8.832$$

تنش برشی موجود $f_{vw} := \frac{V_{beam} \cdot 1000}{(n_r \cdot n_c \cdot A_{bolt})} = 385.64$

$$f_t := \frac{P_{\text{beam}} \cdot 1000}{(n_r \cdot n_c \cdot A_{\text{bolt}})} = 2.389 \times 10^3$$

تنش محوری هر پیچ

$$F_{tp} := 0.55 \cdot F_{ub} = 5500$$

کیلوگرم بر سانتی متر مربع تنش کششی اسمی ناشی از نیروی پیش تنیدگی

$$T_p := 0.55 \cdot F_{ub} \cdot A_{\text{bolt}} = 3.15 \times 10^4$$

کیلوگرم نیروی پیش تنیدگی در پیچ پر مقاومت

$$f_{bi} := \frac{n_r \cdot n_c \cdot T_p}{b_s \cdot h_s} = 124.962$$

کیلوگرم بر سانتی متر مربع تنش فشاری تماسی ناشی از نیروی پیش تنیدگی

$$f_{tb} := \frac{P_{\text{beam}} \cdot 1000}{b_s \cdot h_s} = 54.286$$

کیلوگرم بر سانتی متر مربع حداکثر تنش کشش ناشی از نیروی محوری

$$\text{check13} := \text{if}(f_{tb} \leq f_{bi}, \text{"OK"}, \text{"N.Ok"})$$

$$\text{check13} = \text{"OK"}$$

$$\text{Ratio} := \frac{f_{tb}}{f_{bi}} = 0.434$$

$$F_v := 0.15 \cdot F_{ub} \cdot \left(1 - \frac{P_{\text{beam}}}{T_p}\right) = 1497.394$$

بند ۲-۷-۱ نشریه ۳۲۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع تنش برشی مجاز

$$\text{check14} := \text{if}(f_v \leq F_v, \text{"OK"}, \text{"increase bolt diameter"})$$

$$\text{check14} = \text{"OK"}$$

$$\text{Ratio} := \frac{f_v}{F_v} = 0.258$$

اثر متقابل نیروی برشی و نیروی کششی

$$\text{check15} := \text{if}\left(\frac{f_v}{F_v} + \frac{f_t}{F_{tp}} \leq 1, \text{"OK"}, \text{"NOt OK"}\right)$$

$$\text{check15} = \text{"OK"}$$

$$\text{Ratio} := \frac{f_v}{F_v} + \frac{f_t}{F_{tp}} = 0.692$$

طراحی پیچهای اتصال گاست به ورق سر

$$P_c = 22.588 \quad \text{ton}$$

نیروهای کنار ستون

$$V_c = 38.4 \quad \text{ton}$$

$$M_c = 1.016 \quad \text{ton.m}$$

سهم ممان اتصال ستون به گاست

$$d_b := 27$$

قطر بولت میلیمتر

$$d_s := 29$$

قطر سوراخ میلیمتر

$$F_{ubv} := 10000$$

کیلوگرم بر سانتیمتر مربع مقاومت نهایی بولت

$$A_{\text{bolt}} := \frac{\pi \cdot (d_b)^2}{400} = 5.726$$

$$n_r := 2$$

تعداد ردیف بولت

تعداد ستون بولت	$n_c := 3$	
فاصله بولتها از هم در راستای افقی	$L_{h2} := 4.5$	سانتیمتر
فاصله بولت ها از هم در راستای قائم	$L_{v2} := 8$	سانتیمتر
فاصله بولتها از لبه ورق در امتداد قائم	$L_{v1} := 4.5$	سانتیمتر
فاصله بولتها از لبه ورق در امتداد افقی	$L_{h1} := 5$	سانتیمتر
فاصله اولین بولت تا روی بال بالای تیر	$P_c := 8$	سانتیمتر
	$g := 15$	سانتیمتر

مشخصات ورق سر

عرض ورق سر	$b_{ws} := (n_c - 2) \cdot L_{h2} + g + 2L_{h1} = 29.5$	سانتیمتر
ارتفاع ورق سر	$h_{ws} := (n_r - 1) \cdot L_{v2} + L_{v1} = 12.5$	سانتیمتر

نیروی پیش تنیدگی پیچها $T_i := 0.55 \cdot F_{ub} \cdot A_{bolt} = 31490.5$

تنش فشاری تماسی بین ورق و بال ستون $f_{bi} := \frac{T_i \cdot n_r \cdot n_c}{b_s \cdot h_s} = 512.388 \quad \frac{kg}{cm^2}$

حداکثر تنش ناشی از کشش لنگر خمشی $f_{tb} := \frac{P_c \cdot 1000}{b_s \cdot h_s} = 61.3 \quad \frac{kg}{cm^2}$

$$check := \text{if}(f_{tb} \leq f_{bi}, "OK", "increase number of bolt or bolt diameter")$$

$$check = "OK"$$

$$I_b := \begin{cases} \sum_{x=1}^{\frac{n_r}{2}} \left[2 \cdot \left[\frac{(2x-1)}{2} L_{v2} \right]^2 \right] \cdot n_c \cdot A_{bolt} & \text{if } \text{Trunc}\left(\frac{n_r}{2}, 1\right) = \frac{n_r}{2} \\ \left[\text{Trunc}\left(\frac{n_r}{2}, 1\right) \sum_{x=1}^{\text{Trunc}\left(\frac{n_r}{2}, 1\right)} \left[2 \cdot (x L_{v2})^2 \right] \cdot n_c \cdot A_{bolt} \right] & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$I_b = 549.7$$

$$f_t := \begin{cases} \frac{P_c \cdot 10^3}{n_r \cdot n_c \cdot A_{bolt}} + \frac{M_c \cdot 10^5 \cdot \left[\frac{(n_r - 1)}{2} \cdot L_{v2} \right]}{I_b} & \text{if } \text{Trunc}\left(\frac{n_r}{2}, 1\right) = \frac{n_r}{2} \\ \frac{P_c \cdot 10^3}{n_r \cdot n_c \cdot A_{bolt}} + \frac{M_c \cdot 10^5 \cdot \left(\text{Trunc}\left(\frac{n_r}{2}, 1\right) \cdot L_{v2} \right)}{I_b} & \text{otherwise} \end{cases}$$

تنش کششی در پیچ ها $f_t = 1397.2$

$$check := \text{if}(f_t \leq 0.38 F_{ub}, "OK", "increase number of bolt or bolt diameter")$$

$$check = "OK"$$

$$ratio := \frac{f_t}{0.38 F_{ub}} = 0.368$$

تنش برشی مجاز در پیچ ها

$$F_{vv} := 0.15 \cdot F_{ub} \cdot \left(1 - \frac{f_t}{0.55 F_{ub}} \right) = 1.119 \times 10^3$$

تنش برشی موجود

$$f_{vv} := \frac{V_c \cdot 1000}{n_r \cdot n_c \cdot A_{bolt}} = 1.118 \times 10^3$$

$$check := \text{if}(f_v \leq F_v, "OK", "increase number of bolt or bolt diameter")$$

$$check = "OK"$$

$$ratio := \frac{f_v}{F_v} = 0.999$$

کنترل پیچ ها برای مجموعه تیر و ستون ها

$$P_{tot} := T_{br} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{180} \cdot \theta\right) + P_{beam} = 110.438 \quad \text{ton}$$

$$V_{tot} := T_{br} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{180} \cdot \theta\right) + 1 V_{beam} = 56.601 \quad \text{ton}$$

$$M_{tot} := \left| V_{tot} \frac{e_c}{100} - P_{tot} \cdot 2.5 L_{v2} \cdot 10^{-2} \right| = 13.597 \quad \text{ton - m}$$

قطر بولت

$$d_{b1} := 27$$

میلیمتر

قطر سوراخ

$$d_{b2} := 33$$

میلیمتر

مقاومت نهایی بولت

$$F_{ub1} := 10000$$

کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

$$A_{bolt} := \frac{\pi \cdot (d_b)^2}{400} = 5.726$$

تعداد ردیف بولت

$$n_r := 7$$

تعداد ستون بولت

$$n_c := 2$$

فاصله بولتها از هم در راستای افقی

$$L_{h2} := 4.5$$

سانتیمتر

فاصله بولت ها از هم در راستای قائم

$$L_{v2} := 9$$

سانتیمتر

فاصله بولتها از لبه ورق در امتداد قائم

$$L_{v1} := 6$$

سانتیمتر

فاصله بولتها از لبه ورق در امتداد افقی

$$L_{h1} := 5$$

سانتیمتر

فاصله اولین بولت تا روی بال بالای تیر

$$P_{fv} := 8$$

سانتیمتر

$$g := 15$$

سانتیمتر

مشخصات ورق سر

عرض ورق سر

$$b_{sv} := (n_c - 2) \cdot L_{h2} + g + 2L_{h1} = 25$$

سانتیمتر

ارتفاع ورق سر

$$h_{sv} := (n_r - 1) \cdot L_{v2} + L_{v1} = 60$$

سانتیمتر

نیروی پیش تنیدگی پیچها

$$T_i := 0.55 \cdot F_{ub} \cdot A_{bolt} = 31490.5$$

تنش فشاری تماسی بین ورق و بال ستون

$$f_{tb} := \frac{T_i \cdot n_r \cdot n_c}{b_s \cdot h_s} = 293.912 \quad \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

حداکثر تنش ناشی از کشش لنگر خمشی

$$f_{tb} := \frac{P_c \cdot 1000}{b_s \cdot h_s} = 15.1 \quad \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$check := \text{if}(f_{tb} \leq f_{bi}, "OK", "increase number of bolt or bolt diameter")$$

$$check = "OK"$$

$$I_b := \begin{cases} \sum_{x=1}^{\frac{n_r}{2}} \left[2 \cdot \left[\frac{(2x-1)}{2} L_{v2} \right]^2 \right] \cdot n_c \cdot A_{bolt} & \text{if } \text{Trunc}\left(\frac{n_r}{2}, 1\right) = \frac{n_r}{2} \\ \sum_{x=1}^{\text{Trunc}\left(\frac{n_r}{2}, 1\right)} \left[2 \cdot (x L_{v2})^2 \right] \cdot n_c \cdot A_{bolt} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$I_b = 25971.1$$

$$f_t := \begin{cases} \frac{P_{tot} \cdot 10^3}{n_r \cdot n_c \cdot A_{bolt}} + \frac{M_{tot} \cdot 10^5 \cdot \left[\frac{(n_r-1)}{2} \cdot L_{v2} \right]}{I_b} & \text{if } \text{Trunc}\left(\frac{n_r}{2}, 1\right) = \frac{n_r}{2} \\ \frac{P_{tot} \cdot 10^3}{n_r \cdot n_c \cdot A_{bolt}} + \frac{M_{tot} \cdot 10^5 \cdot \left(\text{Trunc}\left(\frac{n_r}{2}, 1\right) \cdot L_{v2} \right)}{I_b} & \text{otherwise} \end{cases}$$

تنش کششی در پیچ ها

$$f_t = 2791.4$$

check := if($f_t \leq 0.38F_{ub}$, "OK", "increase number of bolt or bolt diameter")

check = "OK"

$$\text{ratio} := \frac{f_t}{0.38F_{ub}} = 0.735$$

تنش برشی مجاز در پیچ ها

$$F_v := 0.15 \cdot F_{ub} \cdot \left(1 - \frac{f_t}{0.55F_{ub}} \right) = 738.719$$

تنش برشی موجود

$$f_v := \frac{V_{tot} \cdot 1000}{n_r \cdot n_c \cdot A_{bolt}} = 706.12$$

check := if($f_v \leq F_v$, "OK", "increase number of bolt or bolt diameter")

check = "OK"

$$\text{ratio} := \frac{f_v}{F_v} = 0.956$$

تعیین ضخامت ورق گاست پلیت

تعیین ضخامت ورق سر به روش خمیری

from aisc steel design guide serie ۱۶-flush and axtedned multiple row moment end plate connection

Geometry	Yield-Line Mechanism	Bolt Force Model
End-Plate Yield	$\phi M_n = \phi_b M_{pl} = \phi_b F_y t_p^2 Y$ $Y = \frac{b_p}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{p_{f,i}} \right) + h_3 \left(\frac{1}{s} \right) + h_0 \left(\frac{1}{p_{f,o}} \right) - \frac{1}{2} \right] + \frac{2}{g} \left[h_1 (p_{f,i} + 1.5 p_b) + h_3 (s + 0.5 p_b) \right] + \frac{g}{2}$ $s = \frac{1}{2} \sqrt{b_p g} \quad \phi_b = 0.90 \quad \text{Note: Use } p_{f,i} = s, \text{ if } p_{f,i} > s$	
Bolt Rupture w/Prying Action	$\phi M_n = \phi M_q = \begin{cases} \phi [2(P_t - Q_{max,o})d_0 + 2(P_t - Q_{max,i})(d_1 + d_3) + 2(T_b)d_2] \\ \phi [2(P_t - Q_{max,o})d_0 + 2(T_b)(d_1 + d_2 + d_3)] \\ \phi [2(P_t - Q_{max,i})(d_1 + d_3) + 2(T_b)(d_0 + d_2)] \\ \phi [2(T_b)(d_0 + d_1 + d_2 + d_3)] \end{cases} \quad \phi = 0.75$	
Bolt Rupture No Prying Action	$\phi M_n = \phi M_{np} = \phi [2(P_t)(d_0 + d_1 + d_2 + d_3)] \quad \phi = 0.75$	

$$d_0 := 40$$

$$d_2 := 20$$

cm

$$d_1 := 30$$

$$d_3 := 10$$

cm

$$h_0 := d_0$$

$$h_1 := d_1$$

$$h_2 := d_2$$

$$h_3 := d_3$$

$$P_{f,i} := 6$$

$$P_{f,o} := 6$$

$$P_{ext} := 9 \quad \text{cm}$$

$$g := 12$$

$$P_{b,b} := L_{v2} = 9$$

$$S := \frac{1}{2} \cdot (b_{fb} \cdot g)^5 = 7.746$$

$$P_{fi} := \text{if}(P_{f,i} > S, S, P_{f,i}) = 6$$

$$Y := \frac{b_{fb}}{2} \cdot \left(\frac{h_1}{P_{f,i}} + \frac{h_3}{s} + \frac{h_0}{P_{f,o}} - \frac{1}{2} \right) + \frac{2}{g} \cdot \left[h_1 \cdot (P_{f,i} + 1.5 P_b) + h_3 \cdot (s + 0.5 P_b) \right] + \frac{g}{2} = 248.487$$

$$t_p := \sqrt{\frac{M_{tot} \cdot 10^5}{(0.6 F_y \cdot Y)}} = 1.949$$

using conservative plate thickness formula()

$$t_{pl} := \left(\frac{1.11 \cdot 1.25 \cdot M_{tot} \cdot 10^5}{0.6 \cdot F_y \cdot Y} \right)^{.5} = 2.296$$

$$M_{allowable} := \frac{(0.6 F_y \cdot t_p^2 \cdot Y)}{10^5} = 13.597$$

thickness control using 16.4 design guide:

تعیین ضخامت ورق سر به روش خمیری

for top bolt $f_t = 2.791 \times 10^3$

$$F_t := f_t \cdot A_{\text{bolt}} = 1.598 \times 10^4$$

$$a := 12 \quad c_1 := 5 \quad c_1 := 5$$

$$b := 15$$

$$n := .5$$

ضخامت ورق سر

$$t_s := \max \left[\sqrt{\frac{2 \cdot 1.7 \cdot F}{F_y \cdot \left(\frac{a}{c_1} + \frac{b}{c} \right)}} \right] = 2.048$$

سانتیمتر

for gusset plate connection bolt

$$f_t = 2.791 \times 10^3$$

$$F_t := 5 f_t \cdot A_{\text{bolt}} = 7.991 \times 10^4$$

$$a := 60$$

$$b := 15$$

$$n := .5$$

$$t_s := \max \left[\sqrt{\frac{4 \cdot 1.7 \cdot F}{F_y \cdot \left(8 \cdot \frac{a}{b} + \frac{2 \cdot b}{n \cdot a} \right)}} \right] = 2.619$$

for beam middle bolt

$$f_t = 2.791 \times 10^3$$

$$F_t := f_t \cdot A_{\text{bolt}} = 1.598 \times 10^4$$

$$a := 30$$

$$b := 15$$

$$n := .5$$

$$t_s := \max \left[\sqrt{\frac{4 \cdot 1.7 \cdot F}{F_y \cdot \left(8 \cdot \frac{a}{b} + \frac{2 \cdot b}{n \cdot a} \right)}} \right] = 1.586$$

use $t_p := 3$ cm

bolt rupture control:

nominal tensile strength of bolt $F_t := 0.38 \cdot F_{ub}$

bolt proof load $P_t := A_{\text{bolt}} \cdot (0.38 \cdot F_{ub}) = 2.176 \times 10^4$ kg

minimum bolt pretension $T_b := 0.55 \cdot F_{ub} \cdot A_{\text{bolt}} = 3.149 \times 10^4$ kg

$$(w') := \frac{b_s}{n_c} - \frac{d_h}{10} = 9.2 \quad \text{cm} \quad a_i := \left[3.682 \cdot \left(\frac{t_p}{\frac{d_b}{10}} \right)^3 - 0.085 \right] \cdot 2.54 = 3.304 \quad \text{cm}$$

$$a_0 := \min \left[\left[3.682 \cdot \left(\frac{t_p}{d_b} \right)^3 - 0.085 \right] \cdot 2.54 \cdot (P_{\text{ext}} - P_{\text{f0}}) \right] = 3 \quad \text{cm}$$

$$F'_i := t_p^2 \cdot F_y \cdot \left(0.85 \cdot \frac{b_s}{2} + 0.8 \cdot w' \right) + \pi \frac{\left(\frac{d_b}{10} \right)^3}{8} \cdot F_t$$

$$Q_{\text{maxi}} := \frac{w' \cdot t_p^2}{4a_i} \cdot \sqrt{F_y^2 - 3 \left(\frac{F'_i}{w' \cdot t_p} \right)} = 6.331 \times 10^3 \quad \text{kg}$$

$$Q_{\text{max0}} := \frac{w' \cdot t_p^2}{4a_0} \cdot \sqrt{F_y^2 - 3 \left(\frac{F'_i}{w' \cdot t_p} \right)} = 6.972 \times 10^3 \quad \text{kg}$$

$$M_{\text{allowble}} := 10^{-5} \left[\begin{array}{l} 0.5 \left[2 \cdot (P_t - Q_{\text{max0}}) d_0 + 2 \cdot (P_t - Q_{\text{maxi}}) (d_1 + d_3) + 2 \cdot (T_b) d_2 \right] \\ 0.5 \left[2 \cdot (P_t - Q_{\text{max0}}) d_0 + 2 \cdot (T_b) (d_1 + d_2 + d_3) \right] \\ 0.5 \left[2 \cdot (P_t - Q_{\text{maxi}}) (d_1 + d_3) + 2 \cdot (T_b) (d_0 + d_2) \right] \\ 0.5 \left[2 \cdot (T_b) (d_0 + d_1 + d_2 + d_3) \right] \end{array} \right] = 31.491 \quad \text{ton.m}$$

$$\text{check} := \text{if} \left(M_{\text{tot}} \leq M_{\text{allowble}}, \text{"OK"} , \text{"checong bolt size"} \right)$$

$$\text{check} = \text{"OK"}$$

$$\text{ratio} := \frac{M_{\text{tot}}}{M_{\text{allowble}}} = 0.432$$