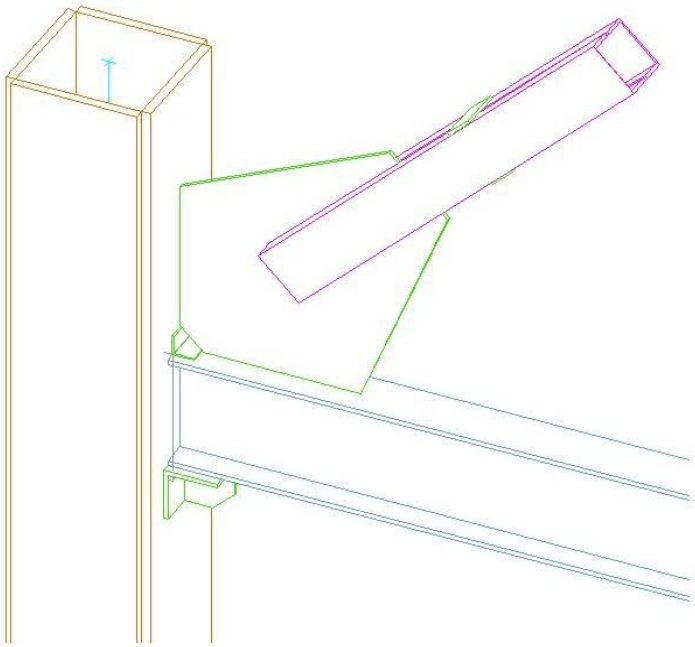
فصل ششم : اتصال مهاربند به ستون و تیر

٦- ١- مقدمه

اتصالات اعضای مهاری یکی از حساس ترین بخش های یک سازه فولادی است. زیرا اگر این اتصالات در هنگام زلزله دچار شکست شوند باعث ایجاد طبقه نرم می شود. بنابراین لازم است در هنگام طراحی و اجرای این بخش از سازه توجه و دقت لازم فراهم شود. عملکرد مهاربند بدلیل ماهیت رفت و برگشتی زلزله هم درکشش باید عمل کند و هم در فشار که اتصال مهاربند به تیر و ستون نیز باید توان تحمل کشش و فشار را داشته باشد.

طراحی اتصال مهاربند بر اساس ضوابط مندرج در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان (ویرایش ۹۲) و روش ویتمور انجام شده است که در ادامه گزارش ارائه شده است.



٦- ٢- نمونه محاسبات طراحی اتصال مهاربند به تیر و ستون

در این ساختمان اتصال مهاربند در --- تیپ طراحی شده است که محاسبات اتصال مهاربند 2 UNP_160_10 به ستون Box_30_2 و PG_300_150_8_15 در ادامه گزارش آمده است.

٦- ٢- ١- مشخصات مصالح و مقاطع مصرفی

مشخصات مهاربند :

$UNP\ 160 \longrightarrow b = 65\ mm, \quad h = 160\ mm, \quad t_f = 10.5\ mm, \quad t_w = 7.5\ mm$

$2UNP\ 160 \longrightarrow A = 48\ cm^2, \quad r = 6.3\ cm, \quad L = 4\ m\ , \quad k_x = k_y = 1$

بازنشر با ذکر منبع مجاز است. strain.blog.ir

بدلیل اینکه بادبند از نوع همگرا و هشتی است. ضریب طول موثر بابر با ۱ می باشد.

مشخصات ستون :

$b = 30\ cm\ ,\quad h = 30\ cm\ ,\quad t_f = 2\ cm\ ,\quad t_w = 2\ cm,\quad I = 39760\ cm^4,\quad Z_c = 2820\ cm^3$

مشخصات تیر :

$b_f = 15\ cm,\quad t_f = 1.5\ cm\ ,\quad h_w = 30\ cm,\quad t_w = 0.8\ cm\ ,\quad I = 12971\ ,\quad Z_b = 888.7\ cm^3$

مشخصات فولاد و الکترود مصرفی :

$f_y = 2400\ {}^{kg}/_{cm^2}\ ,\quad f_u = 3700\ {}^{kg}/_{cm^2}\ ,\quad$ الکترود $E60\ F_{ue} = 4200\ {}^{kg}/_{cm^2}$

٦- ٢- ٢- نیرو های طراحی اتصال مهاربند

مقاومت مورد نیاز اتصالات مهاربندی ها در قاب های مهاربندی شده همگرای معمولی نباید از یکی از دو مقدار الف و ب کمتر در نظر گرفته شود[1].

الف) مقاومت کششی مورد انتظار اعضای مهاربندی برابر $R_yF_yA_g$ که در آن R_y نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم فولاد مهاربند، F_y تنش تسلیم فولاد مهاربند و A_g سطح مقطع کلی عضو مهاربندی است.

$$P = R_yF_yA_g, R_y = 1.2, \longrightarrow R_yF_yA_g = 1.2 \times 2400 \times 48 = 138\ T$$

ب) بیشترین نیری محوری حاصل از ترکیبات زلزله تشدید یافته در مهاربندی ها.

$$P = 195\ T$$

$$\text{نیروی طراحی} = max(\,138\,,195\,) = 195\ T$$

٦- ٢- ٣- طراحی ورق اتصال مهاربند

طبق روش ویتمور تنش های حداکثر یکنواخت در ورق اتصال در قاعده ای ذوزنقه ای رخ می دهد که ساق های آن با وسایل اتصال زاویه ۳۰ درجه می سازد. بدلیل اینکه ماهیت زلزله رفت و برگشتی است نیروی فشاری و کششی در سیکل های مختلف بر ورق اتصال وارد می شود. در حالت فشاری فاصله آزاد بین مهاربند تا کنج ستون و تیر مانند ستون چه ای در مقابل نیروی فشاری عمل می کند که باید در مقابل کمانش مقاومت کافی را داشته باشد.

با توجه به هندسه ورق اتصال عرض موثر ویتمور برابر با $b_e = 63$ سانتیمتر و طول ستونچه تحت فشار برابر $L = 31$ سانتیمتر بدست می آید.

$$\text{موثر عرض موثر ویتمور} \quad \rightarrow P = 195 \times 10^3 \Rightarrow\ P < \varphi f_y b_e t\ \longrightarrow t > \frac{P}{\varphi f_y b_e} \Rightarrow t > 1.4\ cm$$

[1] بند ۱۰- ۳- ۱۰- ۳ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان

$$\frac{kL}{r} \longrightarrow k = 1, L = 31\ cm\ , r = 0.3t = 0.3 \times 1.4 = 0.42 \Rightarrow \frac{kL}{r} = 73$$

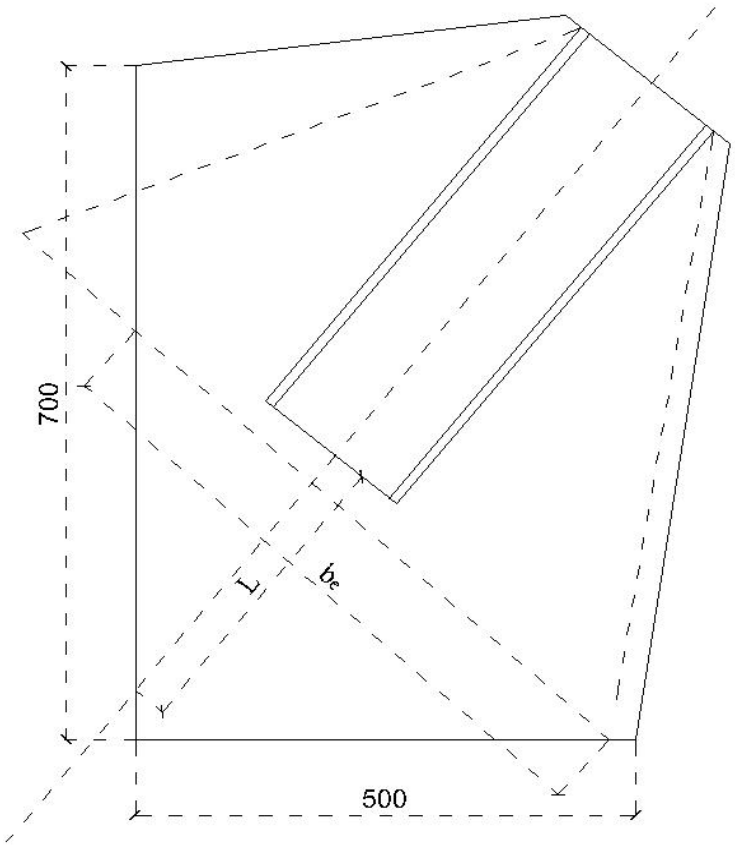
$$F_e = \frac{\Pi^2 E}{(\frac{kL}{r})^2} = 3704\ \frac{kg}{cm^2} \longrightarrow F_{cr} = [0.658^{\frac{f_y}{F_e}}]f_y = 1829\frac{kg}{cm^2} \longrightarrow \varphi P_n = \varphi F_{cr} A_g$$

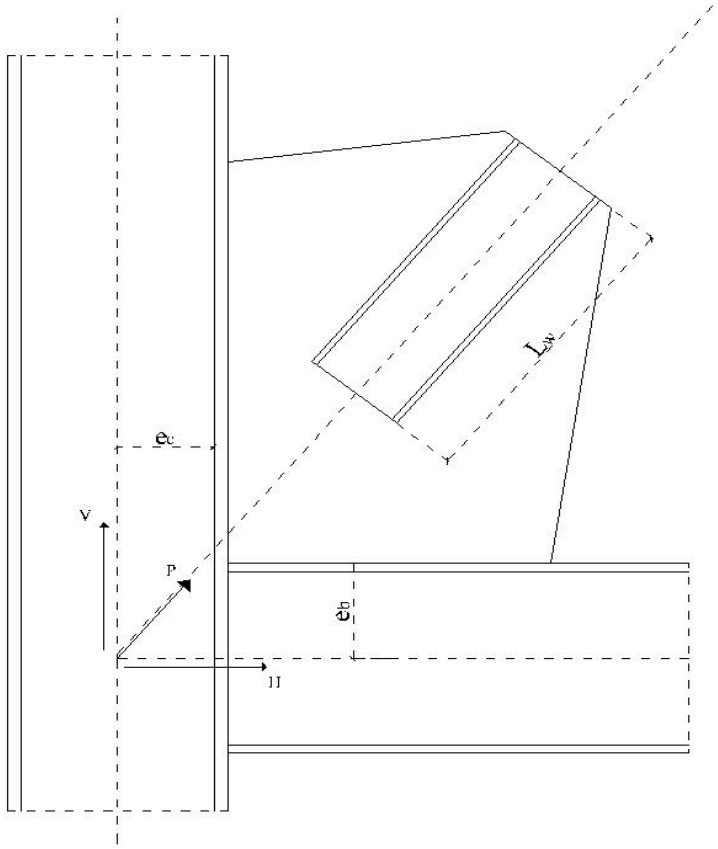
↳ $\varphi P_n = 0.9 \times 1829 \times 16 \times 1.4 = 36\ T < 195$ نیاز به سخت کننده است

دو عدد ورق سخت کننده با ضخامت ۱/۴ سانتیمتر و طول ۲۵ سانتیمتر عمود بر ورق اتصال در راستای محور مهاربند با عرض ۳۱ سانتیمتر استفاده می کنیم.

$$I = \frac{25^3 \times 1.4}{3} \times 2 + \frac{16 \times 1.4^3}{12} = 14586.9\ cm^3 \longrightarrow r = 9.5\ cm \longrightarrow \frac{kL}{r} = 3.3 \Rightarrow F_{cr} = 2400\ \frac{kg}{cm^2}$$

↳ $\varphi P_n = 0.9 \times 2400 \times (25 \times 1.4 \times 2 + 16 \times 1.4) = 199\ T > 195\ T$ مناسب است





ابعاد ورق اتصال به طول جوش و بعد آن در اتصال به تیر و ستون بستگی دارد. برای جلوگیری از ایجاد لنگر ناشی از خروج محوریت نیروی محوری بادبند باید محور گذرنده از وسط ستون، تیر و مهاربند از یه نقطه بگذرد. با تجزیه نیروی محوری بادبند و انتقال آن به محور مماس بر اتصال ورق به تیر و ستون طول و بعد جوش گوشه اتصال ورق را بدست می آوریم.

جوش گوشه اتصال ورق به ستون و تیر تحت اثر برش و لنگر خمشی خواهد بود.

$$H = P\sin 36 = 195 \times 0.58 = 113\ T, \qquad V = P\cos 36 = 195 \times 0.8 = 156\ T$$

$$e_b = 15\ cm, \qquad e_c = 15\ cm$$

نیروی خمشی و برشی در اتصال ورق به تیر:

$$V_u = H, M_u = He_b, V_u = 113\ T, M_u = 113 \times 0.15 = 16\ \text{T.M}$$

نیروی خمشی و برشی در اتصال ورق به ستون:

$$V_u = V, M_u = Ve_b, V_u = 156\ T, M_u = 156 \times 0.15 = 23\ \text{T.M}$$

٦- ٢- ٣- ١- طراحی جوش ورق اتصال در راستای تیر

با توجه به نیرو ها طول ورق اتصال بادبند در جهت تیر را برابر $l_w = 50$ سانتیمتر انتخاب می کنیم پس برای بدست آوردن بعد جوش داریم:

$$I = 2\frac{{l_w}^3}{12} = \frac{50^3}{12} \times 2 = 20833\ cm^4 \ \longrightarrow\ f_m = \frac{M_u l_w}{2I} = 960\ {}^{kg}/_{cm}$$

$$l_w = 50 \ \longrightarrow\ f_v = \frac{V_u}{2l_w} = 1130\ {}^{kg}/_{cm} \Rightarrow F = \sqrt{{f_m}^2 + {f_v}^2} \ \Rightarrow F = \sqrt{960^2 + 1130^2} = 1480\ {}^{kg}/_{cm}$$

$$F = \varphi\beta F_{nw}\frac{\sqrt{2}}{2}a_w \ \longrightarrow\ a_w = \frac{F}{\varphi\beta F_{nw}\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{1480}{0.75 \times 0.75 \times 0.6 \times 4200 \times 0.707} = 1.5\ cm\ use\ a_w = 15\ mm$$

٦- ٢- ٣- ٢- طراحی جوش ورق اتصال در راستای ستون

با توجه به نیرو ها طول ورق اتصال بادبند در جهت ستون را برابر $l_w = 70$ سانتیمتر انتخاب می کنیم پس برای بدست آوردن بعد جوش داریم:

$$I = 2\frac{{l_w}^3}{12} = \frac{70^3}{12} \times 2 = 57166\ cm^4 \ \longrightarrow\ f_m = \frac{M_u l_w}{2I} = 704\ {}^{kg}/_{cm}$$

$$l_w = 70 \ \longrightarrow\ f_v = \frac{V_u}{2l_w} = 1144\ {}^{kg}/_{cm} \Rightarrow F = \sqrt{{f_m}^2 + {f_v}^2} \ \Rightarrow F = \sqrt{704^2 + 1114^2} = 1317\ {}^{kg}/_{cm}$$

$$F = \varphi\beta F_{nw}\frac{\sqrt{2}}{2}a_w \ \longrightarrow\ a_w = \frac{F}{\varphi\beta F_{nw}\frac{\sqrt{2}}{2}} = \frac{1317}{0.75 \times 0.75 \times 0.6 \times 4200 \times 0.707} = 1.3\ cm\ use\ a_w = 13\ mm$$

٦- ٢- ٣- ٣- طراحی جوش مهاربند به ورق اتصال

جوش اتصال مهاربند به ورق اتصال توسط چهار ردیف جوش گوشه انجام می شود. این جوش تحت اثر برش در راستای محور جوش است. با توجه به نیروی طراحی زول جوش را برابر $l_w = 50$ سانتیمتر در نظر میگیریم. پس برای بدست آوردن بعد جوش داریم:

$$V_u = P = 195\ T \ \longrightarrow\ l_w = 20 \ \longrightarrow F = f_v = \frac{V_u}{4l_w} = 970\ {}^{kg}/_{cm}$$

$$F = \varphi\beta F_{nw}\frac{\sqrt{2}}{2}a_w \ \longrightarrow\ a_w = \frac{F}{\varphi\beta F_{nw}\frac{\sqrt{2}}{2}} = 0.96\ cm \longrightarrow\ use\ a_w 10\ mm$$