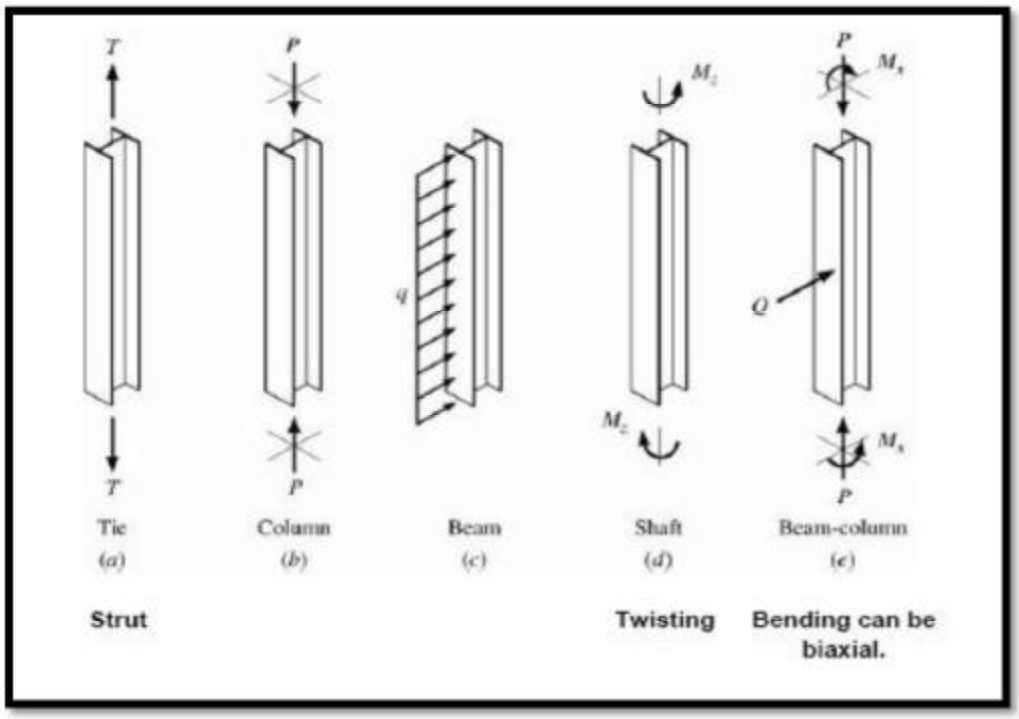
خلاصه روابط مورد استفاده در آزمون نظام مهندسی

محاسبات عمران (سازه های فولادی)



علی گوهررخی

goharrokhi.ali@gmail.com

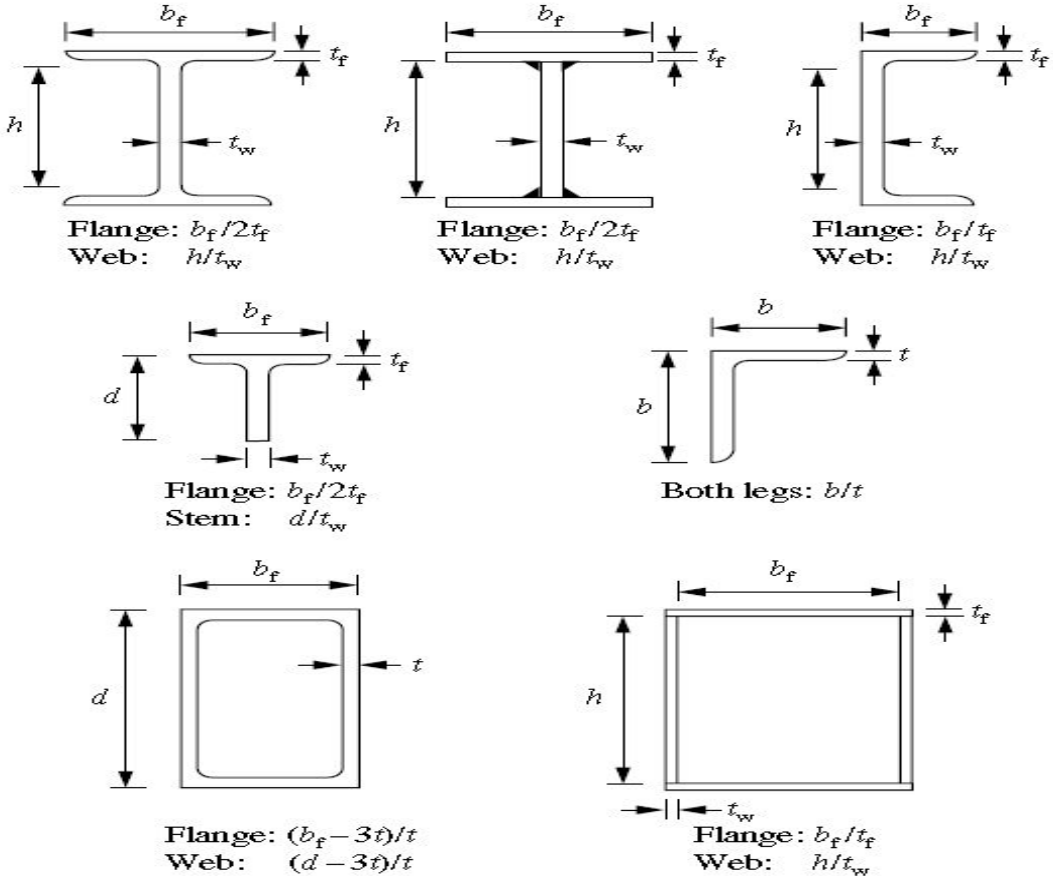
کمانش موضعی

کنترل فشار محوری $\begin{cases}\lambda \le \lambda_r \rightarrow \text{غیرلاغر} \\ \lambda > \lambda_r \rightarrow \text{لاغر}\end{cases}$

کنترل خمش و مقاطع مختلط پرشده با بتن $\begin{cases}\lambda \le \lambda_p \rightarrow \text{فشرده} \\ \lambda_p < \lambda \le \lambda_r \rightarrow \text{غیرفشرده} \\ \lambda > \lambda_r \rightarrow \text{لاغر}\end{cases}$

کنترل لرزه ای $\begin{cases}\begin{cases}\lambda \le \lambda_{md} \rightarrow \text{فشرده لرزه ای متوسط} \\ \lambda > \lambda_{md} \rightarrow \text{غیرفشرده لرزه ای متوسط}\end{cases} \\ \begin{cases}\lambda \le \lambda_{hd} \rightarrow \text{فشرده لرزه ای ویژه} \\ \lambda > \lambda_{hd} \rightarrow \text{غیرفشرده لرزه ای ویژه}\end{cases}\end{cases}$

λ یا نسبت پهنا به ضخامت:



اعضای کششی

$$P_u \le \emptyset_t P_n$$

$$\emptyset_t P_n = min\begin{cases} F_y A_g & , \quad \emptyset = 0.9 \\ F_u A_n(A_e) & , \quad \emptyset = 0.75 \end{cases} \quad , \quad A_n = A_g - nDt + \sum \frac{s^2}{4g} t \quad , \quad A_e = UA_n$$

کنترل لاغری: $\frac{L}{r_{min}} \le 300$

کنترل برش قالبی: $V \le \emptyset R_n \quad , \quad \emptyset = 0.75 \quad , \quad R_n = min\begin{cases} 0.6F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \\ 0.6F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt} \end{cases}$

مقاومت برشی اعضا در مجاورت ناحیه اتصال: $V \le \emptyset R_n \quad , \quad \emptyset R_n = min\begin{cases} 0.6F_y A_{gv} & , \quad \emptyset = 1 \\ 0.6F_u A_{nv} & , \quad \emptyset = 0.75 \end{cases}$

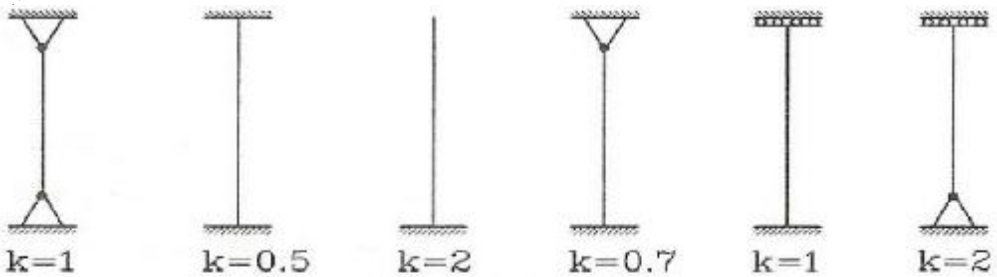
اعضای فشاری

$$P_u \le \emptyset_c P_n$$

$$\emptyset_c = 0.9 \quad , \quad P_n = F_{cr} . A_g$$

$$\begin{cases} \lambda \le 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = \left[0.658^{\frac{F_y}{F_e}}\right] F_y \\ \lambda \le 4.71\sqrt{\frac{E}{F_y}} \rightarrow F_{cr} = 0.877 F_e \end{cases} \quad , \quad F_e = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}$$

$$\lambda = max\{\lambda_x, \lambda_y\} = max\left\{\left(\frac{KL}{r}\right)_x, \left(\frac{KL}{r}\right)_y\right\} \quad , \quad \lambda_{max} \le 200$$



ضریب k متناظر با شرایط مختلف تکیه گاهی

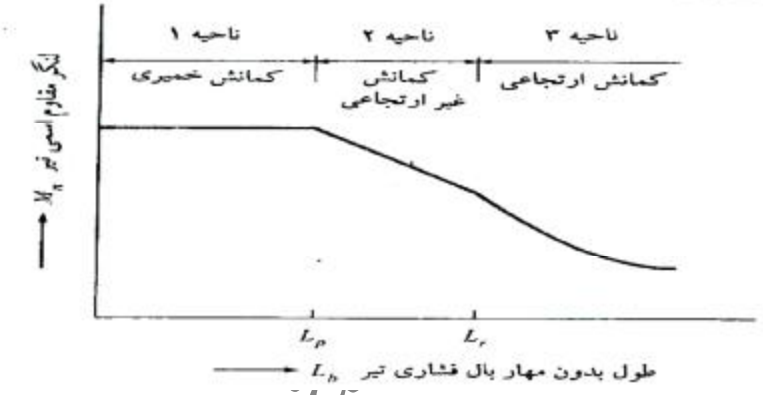
goharrokhi.ali@gmail.com

اعضای خمشی

$$M_u \le \emptyset_b M_n \quad , \quad \emptyset_b = 0.9$$

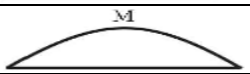
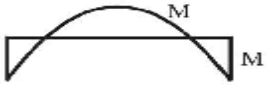
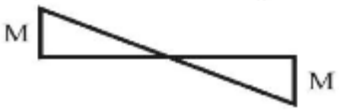
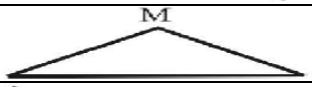
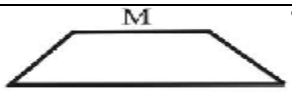
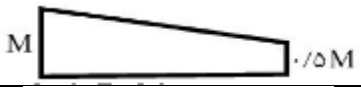
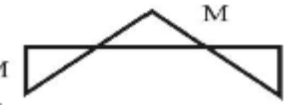
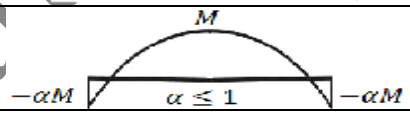
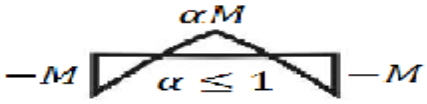
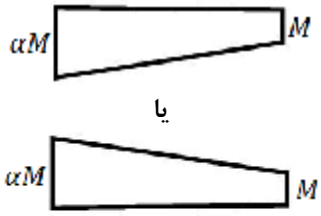
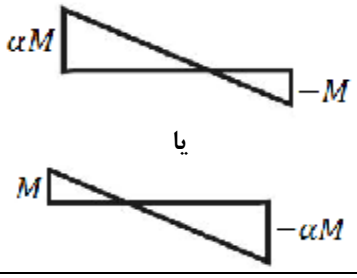
I شکل و ناودانی متقارن و فشرده حول محور قوی:

$$\begin{cases} L_b \le L_P & \rightarrow \quad M_n = M_P = Z_x F_y \\ L_P < L_b \le L_r & \rightarrow \quad M_n = C_b \left[M_P - \left(M_P - 0.7 S_x F_y \right) \left(\frac{L_b - L_P}{L_r - L_P} \right) \right] \le M_P \\ L_b > L_r & \rightarrow \quad M_n = S_x F_{cr} \le M_P \quad , \quad F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \end{cases}$$



$$\begin{cases} L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \\ r_{ts} = \frac{b_f}{\sqrt{12 \left(1 + \frac{h t_w}{6 b_f t_f} \right)}} \\ C_w = \frac{I_y {h_0}^2}{4} \end{cases}$$

goharrokhi.gmail.com

ردیف	تغییرات لنگر در طول مهارنشده (L_b)	C_b
1		1
2		1.136
3		1.32
4		2.27
5		1.32
6		1.67
7		1
8		1.25
9		1.92
10		$\frac{12.5}{11-1.5\alpha}\quad(\alpha\le 1)$
11		$\begin{cases}\alpha\ge\frac{1}{3}\rightarrow C_b=\frac{12.5}{1+8.5\alpha}\\ \alpha\le\frac{1}{3}\rightarrow C_b=\frac{12.5}{4-0.5\alpha}\end{cases}\quad(\alpha\le 1)$
12		$\frac{2.5\alpha}{1+1.5\alpha}\quad(\alpha\ge 1)$
13		$\frac{25\alpha}{13.5\alpha-5.5+1.5\lvert\alpha-3\rvert}\quad(\alpha\ge 1)$

goharrokhi.ail.com

طراحی اعضا برای برش

$$V_u \le \emptyset_V V_n$$

$$\begin{cases} \emptyset_v = 1 & \text{I شکل نورد شده} \\ \emptyset_v = 0.9 & \text{سایر مقاطع} \end{cases} \quad , \quad V_n = 0.6 F_y A_w C_v$$

بدون توجه به میدان کشش:

الف) برای جان مقاطع I شکل نوردشده و با نسبت $\frac{h}{t_w} \le 2.24\sqrt{\frac{E}{F_y}}$: $C_v = 1$

ب) برای جان سایر مقاطع به استثنای مقاطع لوله ای:

$$\begin{cases} \frac{h}{t_w} \le 1.1\sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} & \Rightarrow \quad C_v = 1.0 \\ 1.1\sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} < \frac{h}{t_w} \le 1.37\sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} & \Rightarrow \quad C_v = \frac{1.1\sqrt{K_v E / F_y}}{h/t_w} \\ \frac{h}{t_w} > 1.37\sqrt{\frac{K_v E}{F_y}} & \Rightarrow \quad C_v = \frac{1.51 K_v E}{(h/t_w)^2 F_y} \end{cases}$$

در روابط فوق K_v ضریب کمانش برشی ورق جان بوده و از روابط زیر به دست می آید:

a) جان بدون سخت کننده عرضی با $\frac{h}{t_w} < 260$: $K_v = 5.0$

b) جان مقاطع سپری: $K_v = 1.2$

c) جان با سخت کننده عرضی: $K_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2}$

تبصره c: اگر $\frac{a}{h} > 3.0$ یا $\frac{a}{h} > \left(\frac{260}{\left(\frac{h}{t_w}\right)}\right)^2$: $K_v = 5.0$

goharrokhi.ali@gmail.com

طراحی اعضا برای پیچش

$$T_u \le \emptyset_T T_n$$

$$\emptyset_T = 0.9 \quad , \quad T_n = F_{cr}.C$$

مقاطع لوله ای

$$F_{cr} = max\left\{\frac{1.23E}{\sqrt{\frac{L}{D}}\left(\frac{D}{t}\right)^{1.25}}, \frac{0.6E}{\left(\frac{D}{t}\right)^{1.5}}\right\} \le 0.6F_y$$

$$C = \frac{\pi(D-t)^2 t}{2}$$

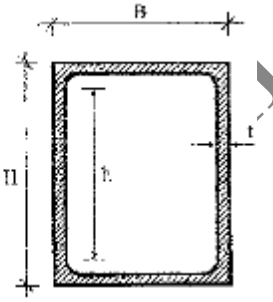
مقاطع قوطی شکل

$$\frac{h}{t} \le 2.45\sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \Rightarrow \quad F_{cr} = 0.6F_y$$

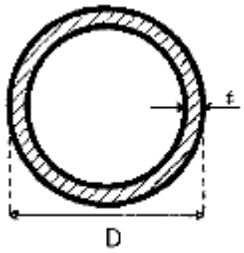
$$2.45\sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{h}{t} \le 3.07\sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad \Rightarrow \quad F_{cr} = \frac{0.6F_y\left(2.45\sqrt{E/F_y}\right)}{h/t}$$

$$3.07\sqrt{\frac{E}{F_y}} < \frac{h}{t} \le 260 \quad \Rightarrow \quad F_{cr} = \frac{0.458\,\pi^2 E}{(h/t)^2}$$

$$C = 2(B-t)(H-t)t - 4.5(4-\pi)t^3$$



H قطع بزرگ



gohar.ali@gmail.com

طراحی برشگیرها در مقاطع مختلط

$$V_{hu} \le V_{hn}$$

V_{hu} = مقاومت برشی افقی مورد نیاز

V_{hn} = مقاومت برشی افقی اسمی

$$\begin{cases} V_{hu} = min\{0.85 f_c A_c\ , F_y A_s\} & \text{نواحی لنگر خمشی مثبت} \\ V_{hu} = F_{yr} A_{sr} & \text{نواحی لنگر خمشی منفی} \end{cases}$$

$$V_{hn} = \sum Q_n = n \times Q_n$$

$\sum Q_n$ = مجموع مقاومت های برشی اسمی برشگیر در حد فاصل نقاط لنگر خمشی مثبت (یا منفی) حداکثر و لنگر صفر

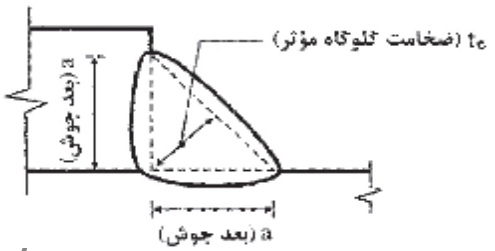
n = تعداد برشگیر بین نقطه لنگر حداکثر و لنگر صفر

$$\begin{cases} \text{ناوادانی}: \ Q_n = 0.3\left(t_f + 0.5 t_w\right) L_a \sqrt{f_c E_c} \\ \text{گل میخ}: \ Q_n = 0.5 A_{sa} \sqrt{f_c E_c} \le R_g R_p A_{sa} F_u \end{cases}$$

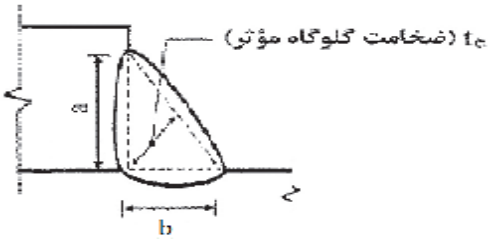
جوش گوشه

اگر a بعد جوش گوشه باشد، آنگاه:

$$t_e = \frac{a}{\sqrt{2}} = 0.707a$$



$$t_e = \frac{ab}{\sqrt{a^2 + b^2}}$$



e_rokhi.ali@gmail.com

محدودیت های جوش گوشه :

- **ü** حداقل بعد جوش گوشه (a_{min}):

حداقل بعد جوش‌های گوشه (a_{min}) براساس ضخامت قطعه نازکتر طبق جدول زیر تعیین می شود:

جدول ۱۰-۲-۹-۳ حداقل بُعد جوش گوشه

ضخامت قطعه نازکتر	حداقل بُعد جوش گوشه (یا یک بار عبور)
تا ۶ میلی‌متر	۳ میلی‌متر
بیش از ۶ تا ۱۲ میلی‌متر	۵ میلی‌متر
بیش از ۱۲ تا ۲۰ میلی‌متر	۶ میلی‌متر
بیش از ۲۰	۸ میلی‌متر

نکته: در سازه تحت بار دینامیکی (مانند بار زلزله یا بار ارتعاش دستگاه‌ها) حداقل اندازه جوش 5 میلی‌متر می‌باشد.

- **ü** حداکثر بعد جوش گوشه (a_{max}):

حداکثر بعد جوش‌های گوشه (a_{max}) براساس ضخامت قطعه نازکتر (t_{min}) بصورت زیر تعیین می‌شود:

$t_{min} \leq 6mm \rightarrow a_{max} = t_{min}$

$t_{min} > 6mm \rightarrow a_{max} = t_{min} - 2mm$

همچنین براساس محدودیت بند بعدی داریم: $a_{max} \leq \frac{1}{4} L_e$

- **ü** حداقل طول مؤثر جوش گوشه (L_e):

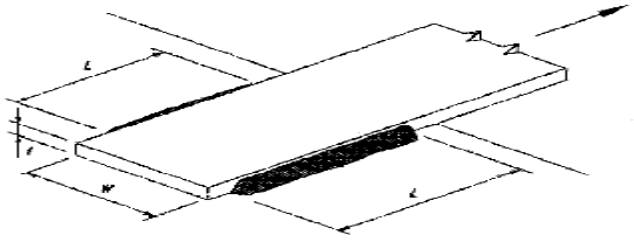
$L_e \geq 4a$

- **ü** حداقل طول مؤثر جوش گوشه در انتهای تسمه های کششی:

در انتهای تسمه های کششی چنانچه جوش گوشه فقط در لبه های طولی و موازی نیروی کششی استفاده گردد، برای طول جوش و عرض ورق باید محدودیت زیر رعایت شود:

$L \geq w$

$w \leq 200\ mm$



- **ü** حداکثر طول مؤثر جوش گوشه در اتصال انتهایی اعضای محوری:

در اتصال انتهایی اعضای محوری، طول مؤثر جوشی که به صورت طولی بارگذاری می شود نباید از 100 برابر بعد جوش بزرگتر باشد:

$L_e \leq 100a$

goharrokhi.ali@gmail.com

در صورتی که طول جوش مورد نیاز برای اتصال انتهایی اعضای محوری بیشتر از 100 برابر بعد جوش باشد، طول مؤثر جوش باید با اعمال ضریب β کاهش داده شود.

$$L_e = \beta L$$

$$\beta = 1.2 - 0.002\left(\frac{L}{\mathrm{a}}\right) \leq 1.0$$

تبصره: اگر $\frac{L}{\mathrm{a}}$ بزرگتر از 300 باشد، طول مؤثر جوش باید برابر 180a در نظر گرفته شود: $if\ \frac{L}{\mathrm{a}} > 300 \rightarrow L_e = 180\mathrm{a}$

L = طول واقعی جوش (طول اسمی یا ظاهری جوش) که به صورت طولی بارگذاری شده است

β = ضریب کاهش طول واقعی (اسمی) جوش

مقاومت جوش گوشه : $\boldsymbol{R_u \leq \emptyset R_n}$

$$\begin{cases} \phi = 0.75 \\ R_n = \beta F_{nw} A_{we} \end{cases}$$

ضریب بازرسی جوش (β) :

1. در صورت انجام آزمایش‌های غیرمخرب نظیر رادیوگرافی و التراسونیک (فراصوتی): $\beta = 1$
2. در صورت انجام جوش در کارخانه (یا شرایط مشابه) و بازرسی چشمی جوش توسط بازرس ذیصلاح جوش: $\beta = 0.85$
3. در صورت انجام جوش در محل و بازرسی چشمی جوش توسط بازرس ذیصلاح جوش: $\beta = 0.75$

$$F_{nw} = 0.6 \times F_{ue}$$

$$\begin{cases} E60 \rightarrow F_{ue} = 420\ \frac{N}{mm^2} = 4200\ \frac{Kg}{cm^2} \\ E70 \rightarrow F_{ue} = 490\ \frac{N}{mm^2} = 4900\ \frac{Kg}{cm^2} \end{cases}$$

$$A_{we} = L_e . t_e$$

goharrokhi.ali@gmail.com

پیچ و پرچ

جدول ۱۰-۲-۹-۶ مشخصات پیچ‌های تولید یا موجود در ایران

نوع پیچ	نام استاندارد		تنش تسلیم مصالح پیچ (F_y)	تنش کششی نهایی مصالح پیچ (F_u)
	ASTM	ISO		
پیچ‌های معمولی	A۳۰۷	-	۲۴۰ MPa	۴۰۰ MPa
	-	۴.۶	۲۴۰ MPa	۴۰۰ MPa
	-	۴.۸	۳۲۰ MPa	۴۲۰ MPa
	-	۵.۶	۳۰۰ MPa	۵۰۰ MPa
	-	۵.۸	۴۰۰ MPa	۵۲۰ MPa
	-	۶.۸	۴۸۰ MPa	۶۰۰ MPa
پیچ‌های پرمقاومت	A۳۲۵ d ≤۲۴mm		-	۸۰۰ MPa
	A۳۲۵ d >۲۴mm	-	-	۷۲۵ MPa
	A۴۹۰	-	-	۱۰۰۰ MPa
		۸.۸	-	۸۰۰ MPa
		۱۰.۹	-	۱۰۰۰ MPa
		۱۲.۹	-	۱۲۰۰ MPa

اتصال اتکایی:

اتصال اتکایی
$$\begin{cases} \text{مقاومت برشی:} & R_{uv} \le \emptyset R_{nv} = \emptyset F_{nv} A_{nb} \times m.n \\ \text{مقاومت کششی:} & R_{ut} \le \emptyset R_{nt} = \emptyset F_{nt} A_{nb} \times n \end{cases} \qquad \phi = 0.75$$

اثر مشترک کشش و برش در اتصال اتکایی
$$\begin{cases} \text{مقاومت برشی:} & R_{uv} \le \emptyset R_{nv} = \emptyset F'_{nv} A_{nb} \times m.n \\ \text{مقاومت کششی:} & R_{ut} \le \emptyset R_{nt} = \emptyset F'_{nt} A_{nb} \times n \end{cases} \qquad \phi = 0.75$$

$$\begin{cases} F'_{nv} = F_{nv}\left[1.3 - \dfrac{f_{ut}}{\emptyset F_{nt}}\right] \le F_{nv} \\ F'_{nt} = F_{nt}\left[1.3 - \dfrac{f_{uv}}{\emptyset F_{nv}}\right] \le F_{nt} \end{cases}$$

f_{uv} = تنش برشی مورد نیاز هر پیچ (تنش برشی هر پیچ)

f_{ut} = تنش کششی مورد نیاز هر پیچ (تنش کششی هر پیچ)

goharrokhi.com

جدول ۱۰ ۲ ۹ ۱۰ تنش اسمی (پیچ و قطعات دندانه شده)

نوع وسیله اتصال	تنش کششی اسمی (F_{nt})	تنش برشی اسمی (F_{nv}) در اتصالات اتکایی
پیچ‌های معمولی	$0.75F_u$ [۱۵،۲]	$0.45F_u$ [۱۵،۲]
پیچ‌های پرمقاومت در حالتی‌که سطح برش از قسمت دندانه‌شده می‌گذرد	$0.75F_u$ [۱]	$0.45F_u$ [۱]
پیچ‌های پرمقاومت در حالتی‌که سطح برش از قسمت دندانه‌شده نمی‌گذرد	$0.75F_u$ [۱]	$0.55F_u$ [۸]
قطعهٔ دندانه‌شده طبق مشخصات تعیین‌شده در حالتی‌که سطح برش از قسمت دندانه‌شده می‌گذرد	$0.75F_u$ [۱۵،۲]	$0.45F_u$
قطعهٔ دندانه شده طبق مشخصات تعیین‌شده در حالتی‌که سطح برش از قسمت دندانه شده نمی‌گذرد	$0.75F_u$ [۱۵،۲]	$0.55F_u$

اتصال اصطکاکی:

مقاومت برشی در اتصال اصطکاکی: $R_{uv} \le \emptyset R_{nv} = \emptyset \mu D_u h_f T_b n_s \times n$

اثر مشترک کشش و برش در اتصال اصطکاکی $\begin{cases} K_{sc} = 1 - \dfrac{T_u}{D_u T_b n_b} \\ R_{uv} \le K_{sc} \times \emptyset R_{nv} \end{cases}$

$T_b = 0.55 A_{nb} F_u$

جدول ۱۰-۲-۹-۷ حداقل نیروی پیش‌تنیدگی در اتصالات اصطکاکی (T_b)

قطر اسمی پیچ (بر حسب میلی‌متر)	پیچ‌های نوع A۳۲۵	پیچ‌های نوع A۴۹۰
M۱۶	۹۱ kN	۱۱۴ kN
M۲۰	۱۴۲ kN	۱۷۹ kN
M۲۲	۱۷۶ kN	۲۲۱ kN
M۲۴	۲۰۵ kN	۲۵۷ kN
M۲۷	۲۶۷ kN	۳۳۴ kN
M۳۰	۳۲۶ kN	۴۰۸ kN
M۳۶	۴۷۵kN	۵۹۵ kN

مقاومت اتکایی در جدار سوراخ: $\boldsymbol{R_u \le \emptyset R_n \times n}$ $(\emptyset = 0.75)$

سوراخ استاندارد، بزرگ شده، لوبیایی کوتاه و لوبیایی بلند که نیرو در امتداد طولی باشد $R_n = min\begin{cases} 1.2 L_c t F_u \\ 2.4 dt F_u \end{cases}$

سوراخ لوبیایی بلند که نیرو عمود بر امتداد طولی باشد $R_n = min\begin{cases} 1.0 L_c t F_u \\ 2.0 dt F_u \end{cases}$

F_u = تنش کششی نهایی مصالح ورق اتصال، d = قطر اسمی پیچ، t = ضخامت قطعه

L_c = فاصله خالص در راستای نیرو: بین لبه سوراخ‌ها برای سوراخ‌های میانی؛ بین لبه سوراخ‌ها تا لبه آزاد ورق اتصال برای سوراخ‌های انتهایی

zoharr@gmail.com

اتصال پای ستون (کف ستون)

$$P_u \le \emptyset P_p \qquad \emptyset = 0.65$$

تکیه گاه مصالح بنایی: $P_p = F_p A_p \begin{cases} F_p = 6MPa & \text{ماسه سنگ متراکم و ماسه سیمان} \\ F_p = 4MPa & \text{آجر فشاری و ملات ماسه سیمان} \end{cases}$

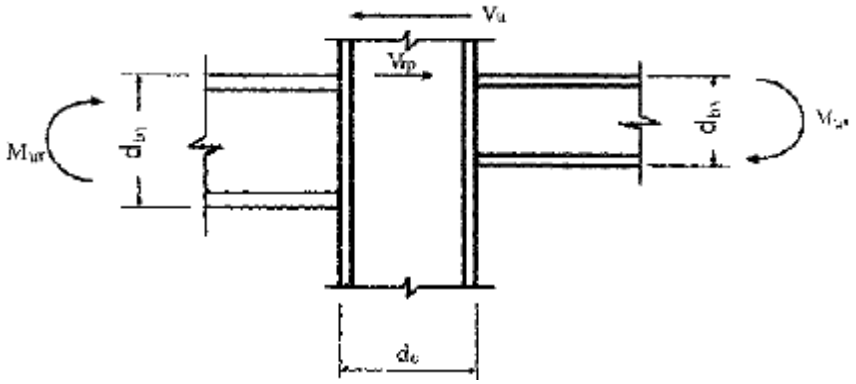
A_p = مساحت کف ستون برحسب میلی‌متر مربع

تکیه گاه بتنی: $P_p = min \begin{cases} 0.85 f_c A_1 \sqrt{\dfrac{A_2}{A_1}} \\ 1.7 f_c A_1 \end{cases}$

A_1 = مساحت کف ستون

A_2 = حداکثر سطحی از شالوده هم‌مرکز و متشابه با ورق کف ستون در پلان و عمق شالوده

برش در چشمه اتصال



$$(V_{up})V_{rp} \le \emptyset R_n$$
$$\emptyset = 0.9$$

V_{up} یا (V_{rp}) = مقاومت برشی مورد نیاز اتصال بشرح زیر:

$$(V_{up})V_{rp} = \frac{M_{u1}}{d_{b1}} + \frac{M_{u2}}{d_{b2}} - V_u$$

M_u = لنگر خمشی انتهایی تیرهای چپ و راست چشمه اتصال

V_u = نیروی برشی ستون در بالای چشمه اتصال

ali@gmail.com

اثر بارهای متمرکز

اثرات نیروی متمرکز کششی:
1) خمش موضعی بال
2) تسلیم موضعی جان

اثرات نیروی متمرکز فشاری:
1) تسلیم موضعی جان
2) لهیدگی جان
3) کمانش جانبی جان
4) کمانش فشاری جان (جفت نیروی متمرکزمتقابل فشاری که به هردو بال عضو اثر می‌کند.)

شرایط بهره برداری

نکته: در تحلیل و طراحی سازه در شرایط بهره برداری، ضریب کاهش مقاومت (φ) و ضرایب افزایش بار برابر **یک** در نظر گرفته می‌شوند.

کنترل تغییر شکل (خیز):

$\Delta_{D+L} \leq \frac{l}{240}$ و $\Delta_L \leq \frac{l}{360}$

Δ_{D+L} = تغییرشکل حداکثر ناشی از بار مرده و زنده

Δ_L = تغییرشکل حداکثر ناشی از بار زنده

l = طول دهانه

مقادیر پیش‌خیز:

Δ_D = خرپاهای با دهانه بیش از 12 متر

$\Delta_D + \frac{\Delta_L}{2}$ = تیرهای مربوط به جراثقال با دهانه بیش از 12 متر

Δ_D = تغییرشکل ناشی از بار مرده

Δ_L = تغییرشکل ناشی از بار زنده

ارتعاش (لرزش):

$\mathbf{f \geq 5Hz}$

فرکانس دوره‌ای (f) برای تیرهای دو سر ساده تحت بار یکنواخت مرده q_D عبارتست از:

$$f \cong \frac{2200.24 \times 10^3}{L^2}\sqrt{\frac{I}{q_D}}$$

L = طول دهانه تیر بر حسب متر (m)

I = ممان اینرسی مقطع تیر برحسب m^4

q_D = بار مرده یکنواخت برحسب نیوتن بر متر طول $\left(\frac{N}{m}\right)$

f = فرکانس دوره‌ای تیر برحسب هرتز

goharrokhi.ali@gmail.com

الزامات لرزه ای

ضریب R_y:

$$R_y = \frac{F_{ye}}{F_y}$$

F_{ye} = تنش تسلیم مورد انتظار فولاد

جدول ۱۰-۳-۲-۱ مقادیر R_y برای انواع تولیدات فولاد

نوع محصول	R_y
مقاطع لوله‌ای و قوطی‌شکل نوردشده	۱٫۲۵
سایر مقاطع نوردشده شامل مقاطع I شکل، H شکل، ناودانی، نبشی و سپری	۱٫۳۰
مقاطع ساخته‌شده از ورق، ورق‌ها و تسمه‌ها	۱٫۱۵

ضریب C_{pr}:

$$1.1 \le C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2F_y} \le 1.2$$

$$\begin{cases} \boldsymbol{ST37}: & C_{pr} = 1.2 \\ \boldsymbol{ST52}: & C_{pr} = 1.2 \end{cases}$$

نکته: برای اتصال از پیش تایید شده گیردار تقویت نشده جوشی **(WUF-W)**، $C_{pr} = 1.4$ می باشد

ترکیبات بار زلزله تشدید یافته (ضریب اضافه مقاومت Ω_0):

در برخی از کنترل‌های طراحی لرزه‌ای لازم است که در ترکیبات بار بجای نیروهای زلزله طرح (E) از زلزله تشدید یافته ($\Omega_0 E$) استفاده کرد.

جدول ۱۰-۳-۲ ضریب اضافه مقاومت Ω_0 برای انواع سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای

نوع سیستم باربر جانبی لرزه‌ای	Ω_0
کلیهٔ قاب‌های خمشی فولادی	۳
کلیهٔ قاب‌های ساختمانی ساده نوآم با مهاربندی هم‌محور و برون‌محور فولادی	۲
کلیهٔ سیستم‌های دوگانه یا ترکیبی	۲٫۵

gohrrokhi.ali@gmail.com

طراحی لرزه ای وصله ستون‌ها:

نیروی محوری مورد نیاز (P_u) براساس نیروی محوری (بدون در نظر گرفتن نیروی برشی و لنگر خمشی) ناشی از ترکیب بار زلزله تشدید یافته تعیین می‌شود.

لنگر خمشی و نیروی برشی حداقل در طراحی وصله ستون‌ها عبارتند از:

$$M_{u-splice} = R_y M_{pc}$$

$$V_{u-splice} = \frac{\sum M_{pc}}{H_s} = \frac{(M_{pc})_{top} + (M_{pc})_{bot}}{H_s}$$

$M_{u-splice}$ = لنگر خمشی حداقل وصله ستون

$V_{u-splice}$ = نیروی برشی حداقل وصله ستون

M_{pc} = لنگر خمشی پلاستیک ستون با مقطع کوچکتر

ΣM_{pc} = مجموع لنگرهای خمشی پلاستیک ستون در دو سر وصله در امتداد مورد نظر

H_s = ارتفاع طبقه

حداقل نیروی محوری مهارهای جانبی (P_{bu}) در قاب خمشی متوسط و ویژه:

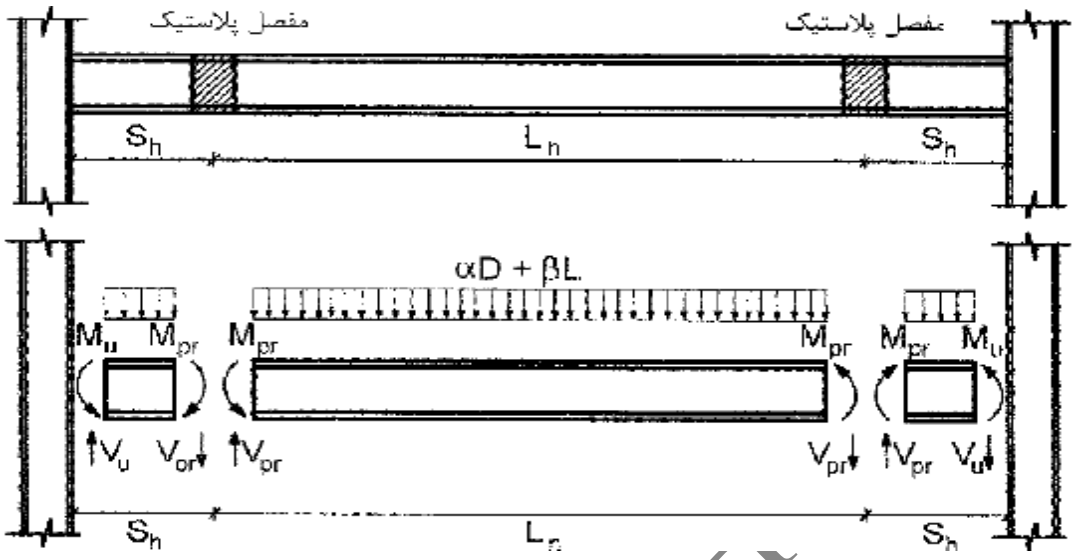
$$P_{bu} = \frac{0.06 R_y F_y Z_b}{h_0}$$

Z_b = اساس مقطع پلاستیک مقطع تیر

h_0 = فاصله مرکز تا مرکز بالهای تیر

goharrokhi.ali@gmail.com

مقادیر نیروی برشی و لنگر خمشی در تیرهای قاب خمشی :



لنگر خمشی در محل مفصل پلاستیک	$M_{pr} = C_{pr} R_y M_p$
نیروی برشی در محل مفصل پلاستیک	$V_{pr} = \frac{2M_{pr}}{L_h} + \frac{q_u L_h}{2}$
لنگر خمشی در محل اتصال تیر به ستون	$M_u = M_{pr} + V_{pr} S_h + \frac{q_u {S_h}^2}{2}$
نیروی برشی در محل اتصال تیر به ستون	$V_u = V_{pr} + q_u S_h$

q_u = مقدار بار ثقلی ضریبدار $(q_u = \alpha D + \beta L)$

S_h = فاصله بر ستون تا محل مفصل پلاستیک

L_h = فاصله بین دو مفصل پلاستیک $(L_h = L - 2S_h)$

در جدول بالا:

M_u : مقاومت خمشی مورد نیاز در *محل اتصال تیر به ستون* و مقاومت خمشی مورد نیاز برای *طراحی مقطع تیر* در قاب خمشی متوسط و ویژه

V_u : مقاومت برشی مورد نیاز در *محل اتصال تیر به ستون* و مقاومت برشی مورد نیاز برای *طراحی مقطع تیر* در قاب خمشی متوسط و ویژه

goharrokh.ali@gmail.com

نسبت لنگر خمشی ستون به لنگر خمشی تیر در قاب خمشی ویژه:

در کلیه اتصالات خمشی تیر به ستون قاب‌های خمشی ویژه، رابطه زیر باید کنترل شود:

$$\frac{\sum M^*_{pc}}{\sum M^*_{pb}} \geq 1.0$$

ΣM^*_{pc} = مجموع لنگرهای خمشی ستون‌های بالا و پایین گره اتصال: $\sum M^*_{pc} = M^*_{pc-bottom} + M^*_{pc-top}$

ΣM^*_{pb} = مجموع لنگرهای خمشی تیرها در گره اتصال: $\sum M^*_{pb} = M^*_{pb-right} + M^*_{pc-left}$

$$M^*_{pc} = Z_c\left(F_{yc} - \frac{P_{uc}}{A_g}\right)$$

$M^*_{pb} =$ مقدار M_u در جدول بالا که به جای S_h از $S_h + \frac{d_c}{2}$ استفاده می شود

Z_c = اساس مقطع پلاستیک ستون

A_g = سطح مقطع ستون

F_{yc} = تنش تسلیم فولاد ستون

P_{uc} = مقاومت محوری مورد نیاز ستون براساس ترکیب بار زلزله تشدید یافته ($\Omega_0 E$)

d_c = عمق مقطع ستون

اتصالات مهاربندها در مهاربندهای همگرا:

مهاربند همگرای معمولی $R_u = max\{$بیشترین نیروی محوری ناشی از ترکیب بار زلزله تشدید یافته در مهاربندها و $R_y F_y A_g\}$

مهاربند همگرای ویژه
$\begin{cases} T_u = R_y F_y A_g & \text{مقاومت کششی مورد نیاز} \\ P_u = 1.1 \times 1.14 F_{cre} A_g = 1.254 F_{cre} A_g & \text{مقاومت فشاری مورد نیاز} \\ M_u = 1.1 R_y M_p & \text{مقاومت خمشی مورد نیاز} \end{cases}$

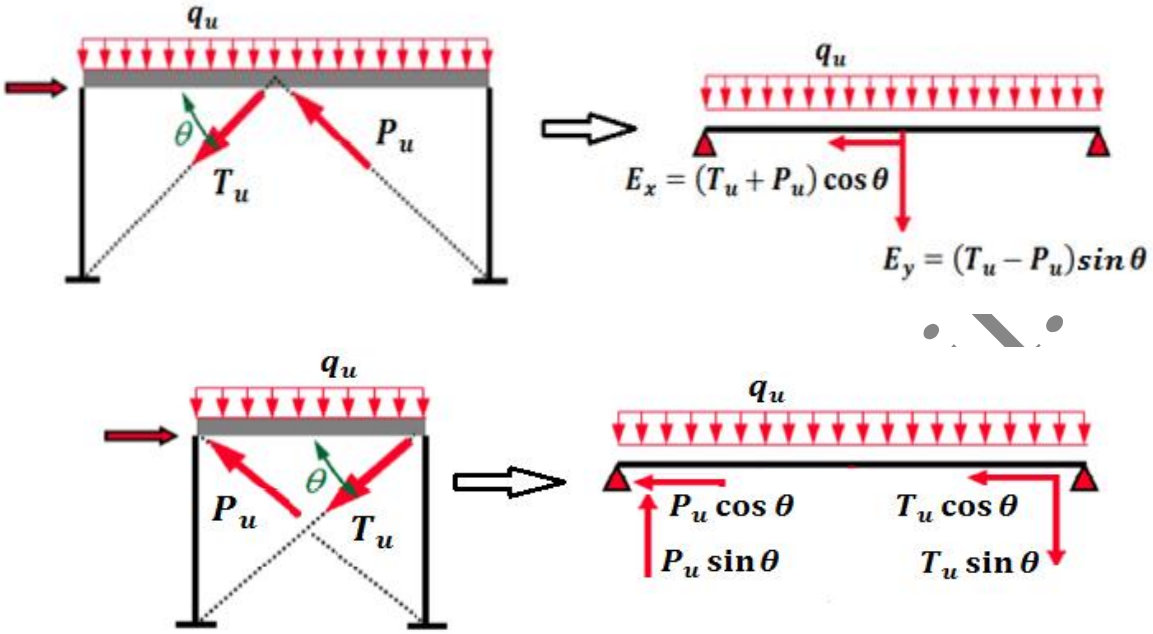
لاغری (KL/r) در مهاربندهای همگرا:

$\begin{cases} \lambda = \frac{KL}{r} \leq 4\sqrt{\frac{E}{F_y}} & \text{مهاربند همگرای معمولی} \\ \lambda = \frac{KL}{r} \leq 200 & \text{مهاربند همگرای ویژه} \end{cases}$

نکته: ضریب طول مؤثر (K) برای مهاربندی‌های 7 و 8 شکل و قطری برابر یک و برای مهاربندی‌های ضربدری، چنانچه در محل تقاطع دو عضو مهاربند اتصال کافی وجود داشته باشد، در صفحه مهاربندی برابر 0/5 و در جهت عمود بر صفحه مهاربندی برابر 0/7 می‌باشد.

goharrokhi.ali@gmail.com

طراحی تیرها، ستون ها واتصال تیر به ستون در قاب مهاربندی همگرا:



مهاربند همگرای معمولی $\begin{cases} T_u = min\{R_y F_y A_g \text{ و نیروی کششی ناشی از ترکیب بار زلزله تشدید یافته}\} \\ P_u = 0.3P_n \end{cases}$

مهاربند همگرای ویژه $max \begin{cases} \begin{cases} T_u = R_y F_y A_g \\ P_u = 1.14 F_{cre} A_g \end{cases} \\ \begin{cases} T_u = R_y F_y A_g \\ P_u = 0.3 \times 1.14 F_{cre} A_g = 0.342 F_{cre} A_g \end{cases} \end{cases}$

A_g = سطح مقطع کلی مهاربند

P_n = مقاومت فشاری اسمی مهاربند فشاری ($P_n = F_{cr}.A_g$ که F_{cr} براساس لاغری مهاربند ($\lambda = KL/r$) از فصل اعضای فشاری تعیین می‌شود.)

F_{cre} = تنش فشاری ناشی از کمانش براساس الزامات مربوط به اعضای فشاری که در آن به جای F_y از $R_y F_y$ استفاده می‌شود. (F_{cr} براساس لاغری مهاربند ($\lambda = KL/r$) از فصل اعضای فشاری تعیین می‌شود که چنانچه به جای F_y از $R_y F_y$ استفاده شود، F_{cre} بدست می‌آید.)

goharrokhi.ali@gmail.com

مقاومت برشی طراحی تیر پیوند در قاب مهاربند واگرا: $(\emptyset_v V_n \quad \emptyset_v = 0.9)$

$$V_n = min\begin{cases} V_p & \text{تسلیم برشی} \\ \dfrac{2M_p}{e} & \text{تسلیم خمشی} \end{cases}$$

$$V_p = \begin{cases} 0.6F_y A_{lw} & \dfrac{P_u}{P_c} \le 0.15 \\ 0.6F_y A_{lw}\sqrt{1-\left(\dfrac{P_u}{P_c}\right)^2} & \dfrac{P_u}{P_c} > 0.15 \end{cases}$$

$$M_p = \begin{cases} F_y Z & \dfrac{P_u}{P_c} \le 0.15 \\ F_y Z\left(\dfrac{1-\dfrac{P_u}{P_c}}{0.85}\right) & \dfrac{P_u}{P_c} > 0.15 \end{cases}$$

P_u = مقاومت محوری مورد نیاز تیر پیوند (نیروی محوری براساس ترکیبات بار متعارف)

P_c = مقاومت تسلیم محوری تیر پیوند $(P_c = F_y.A_g)$

Z = اساس مقطع پلاستیک تیر پیوند

e = طول تیر پیوند

A_{lw} = مساحت جان مقطع تیر پیوند بشرح زیر:

$$A_{lw} = \begin{cases} (d-2t_f)t_w & \text{برای مقاطع I شکل} \\ 2(d-2t_f)t_w & \text{برای مقاطع قوطی شکل} \end{cases}$$

Z = اساس مقطع پلاستیک تیر پیوند

e = طول تیر پیوند

اتصال تیر پیوند به ستون در قاب مهاربند واگرا:

$$\begin{cases} V_u = R_y V_n & \text{مقاومت برشی مورد نیاز اتصال تیر پیوند به ستون} \\ M_u = min\left\{M_p \text{ و } \dfrac{e.V_n}{2}\right\} & \text{مقاومت خمشی مورد نیاز اتصال تیر پیوند به ستون} \end{cases}$$

goharrokhi.ali@gmail.com

طول تیر پیوند (e) در قاب مهاربند واگرا:

چنانچه $\frac{P_u}{P_c} \le 0.15$ باشد محدودیتی برای طول تیر پیوند نیست، اما اگر $\frac{P_u}{P_c} > 0.15$ باشد باید محدودیت زیر برای تیر پیوند رعایت شود:

$$\begin{cases} if:\ \rho' \le 0.5 & e \le \dfrac{1.6M_p}{V_p} \\ if:\ \rho' > 0.5 & e \le \dfrac{1.6M_p}{V_p}(1.15-0.3)\rho' \end{cases} \qquad \rho' = \frac{\left(\frac{P_u}{P_c}\right)}{\left(\frac{V_u}{V_c}\right)}$$

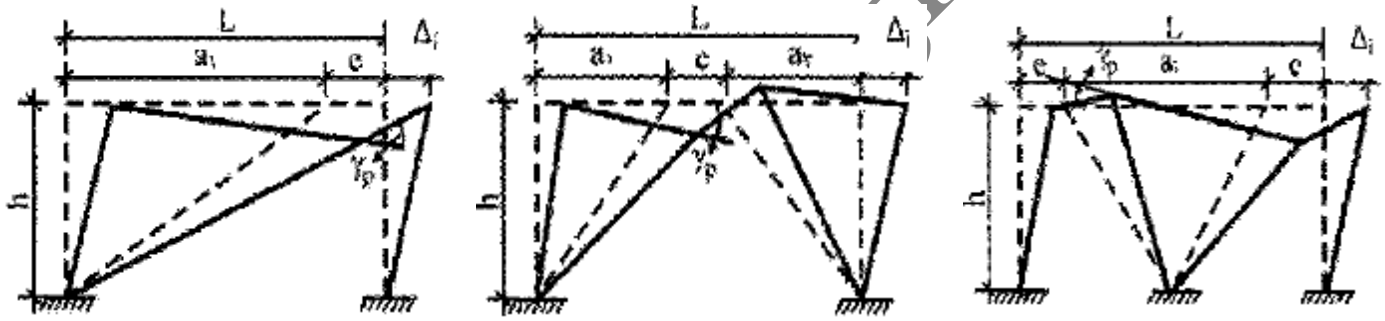
P_u = مقاومت محوری مورد نیاز تیر پیوند (نیروی محوری براساس ترکیبات بار متعارف)

P_c = مقاومت تسلیم محوری تیر پیوند ($P_c=F_y.A_g$)

V_u = مقاومت برشی مورد نیاز تیر پیوند (نیروی برشی براساس ترکیبات بار متعارف)

V_c = مقاومت تسلیم برشی تیر پیوند ($V_c=0.6F_y.A_{lw}$)

دوران تیر پیوند (γ_p) در قاب مهاربند واگرا:



$$\gamma_p = \left(\frac{L}{2eh}\right)\Delta_i \qquad \gamma_p = \left(\frac{L}{eh}\right)\Delta_i \qquad \gamma_p = \left(\frac{L}{eh}\right)\Delta_i$$

$$\begin{cases} if:\ e \le \dfrac{1.6M_p}{V_p} & \rightarrow & \gamma_p \le 0.08\ (rad) \\ if:\ \dfrac{1.6M_p}{V_p} \le e \le \dfrac{2.6M_p}{V_p} & \rightarrow & \gamma_p \le 0.176 - \left(\dfrac{0.06V_p}{M_p}\right)e\ (rad) \\ if:\ e \ge \dfrac{2.6M_p}{V_p} & \rightarrow & \gamma_p \le 0.02\ (rad) \end{cases}$$

γ_p = دوران غیرالاستیک تیر پیوند نسبت به خارج آن

Δ_i = تغییر مکان جانبی نسبی طرح

L = طول کل تیر

e = طول تیر پیوند

h = ارتفاع طبقه

goharrokhi.gmail.com