

مهار جانبی تیرها

۳

تیر مختلط
محاط در بتن

هر دو بال تیر باید بصورت جانبی یا مقطع تیر از طریق مهار پیچشی نقطه‌ای، مهار شود.

فاصله مهارهای جانبی یا پیچشی نقطه‌ای $\longrightarrow L_b \leq \frac{0.086 r_y E}{R_y F_y}$

حداقل نیروی طراحی مهار جانبی یا پیچشی $\longrightarrow P_{bu} = \frac{0.02 M_p, exp}{h_0}$

مهار جانبی $\longrightarrow LRFD \longrightarrow K_{bu} \geq \frac{1}{\emptyset} \frac{10 M_u}{L_b h_0}$

مهار پیچشی $\longrightarrow ASD \longrightarrow K_{ba} \geq \Omega \frac{10 M_a}{L_b h_0}$

حداقل سختی مهارها $\longrightarrow K_{Tu} \geq \frac{\beta_T}{1 - \frac{\beta_T}{\beta_{sec}}}$

: مقاومت خمشی مورد انتظار تیر مختلط محاط در بتن با منظور کردن r_y برای بخش فولادی و R_c برای بخش بتنی مقطع مختلط است.

توجه: سایر پارامترهای لازم در تیرهای مختلط محاط در بتن مشابه شماره (۱) می‌باشد.

مطابق بند ۱۰-۳-۲-۳ در مواردی که در الزامات سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای، تعییه مهارهای جانبی اضافی مقرر شده باشد، این مهارهای جانبی اضافی باید در مجاورت نواحی محل مورد انتظار تشکیل مفصل پلاستیک تیر تعییه شود.

۱

تیر فولادی

هر دو بال تیر باید بصورت جانبی یا مقطع تیر از طریق مهار پیچشی نقطه‌ای، مهار شود.

حداقل نیروی طراحی مهارهای اضافی $\longrightarrow P_{bu} = \frac{0.06 R_y F_y Z}{\alpha_s h_0}$

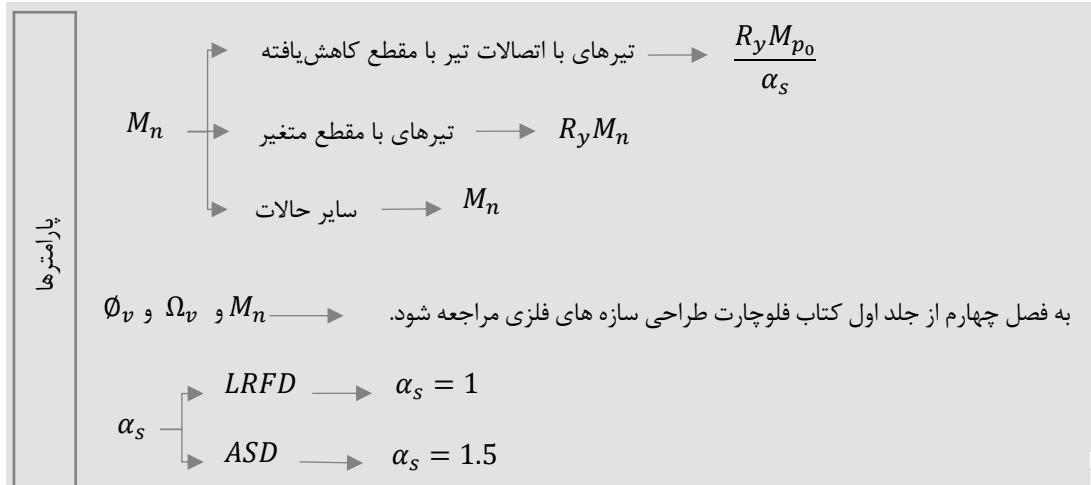
مهار پیچشی $\longrightarrow M_{Tu} = \frac{0.06 R_y F_y Z}{\alpha_s}$

مهار جانبی $\longrightarrow LRFD \longrightarrow K_{bu} \geq \frac{1}{\emptyset} \frac{10 M_u}{L_b h_0}$

مهار پیچشی $\longrightarrow ASD \longrightarrow K_{ba} \geq \Omega \frac{10 M_a}{L_b h_0}$

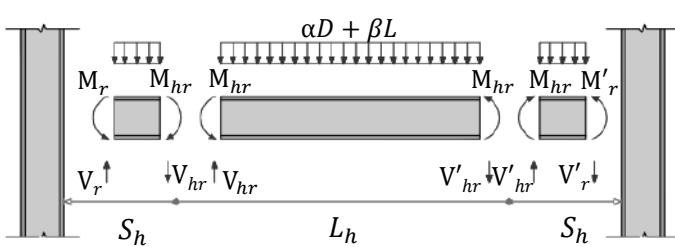
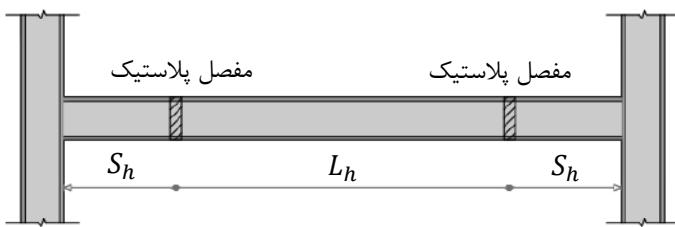
حداقل سختی مهارها $\longrightarrow K_{Tu} \geq \frac{\beta_T}{1 - \frac{\beta_T}{\beta_{sec}}}$

قاب‌های خمشی فولادی

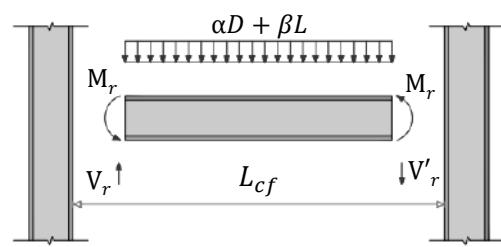
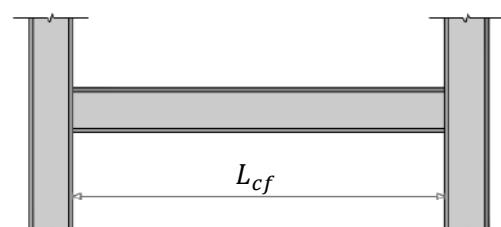


$$\begin{array}{l} \xrightarrow{\text{طراحی محوری}} LRFD \rightarrow P_r \leq \emptyset P_n \\ \xrightarrow{\text{ASD}} P_r \leq \frac{P_n}{\Omega} \end{array}$$

نکته: مقاومت محوری مورد نیاز تیر (در صورت وجود) باید بر اساس ترکیبات بارگذاری متعارف تعیین شود.



نمودار پیکره آزاد تیرهای باربر لزهای در قاب خمشی متوسط و ویژه



نمودار پیکره آزاد تیرهای باربر لزهای در قاب خمشی معمولی

توجه: ضرایب بارهای ثقلی نشان‌دهنده در این شکل مطابق ضرایب ترکیبات بارگذاری روش طراحی مورد نظر تعیین می‌شوند.

V_n : مقاومت برشی اسمی موجود

V_r : مقاومت برشی مورد نیاز

M_n : مقاومت خمشی اسمی موجود

M_r : مقاومت خمشی مورد نیاز

S_h : فاصله محل مفصل پلاستیک تا بر ستون

M_{pr} : لنگر خمشی محتمل در محل تشکیل مفصل پلاستیک در تیر

L_h : فاصله بین محل تشکیل مفصل پلاستیک در طول تیر

$M_p = M_{pb}$: لنگر پلاستیک مقطع تیر در محل تشکیل مفصل پلاستیک

L_{cf} : طول دهانه آزاد تیر

V_{ECL} : برش ناشی از زلزله محدود به ظرفیت خمشی در دو انتهای تیر

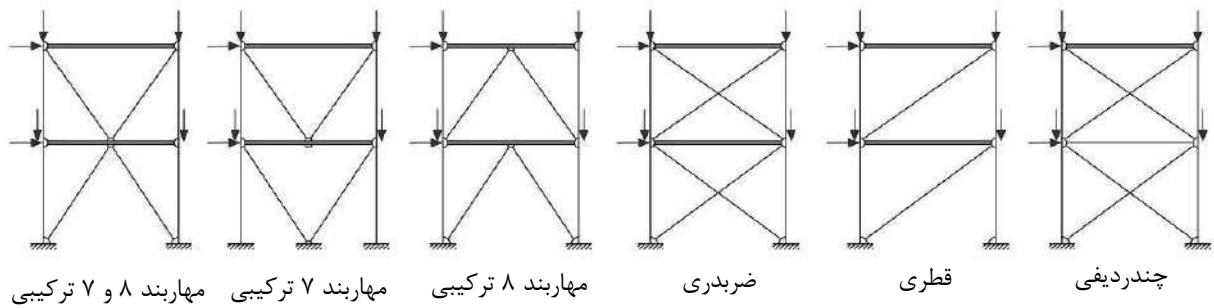
M_{hr} و V_{hr} : به ترتیب برش و لنگر خمشی در محل تشکیل مفصل پلاستیک

مهاربندهای همگرا

در قاب‌های مهاربندی شده همگرای معمولی (OCBF) انتظار تغییرشکل‌های فرا ارجاعی محدود داریم؛ همچنین در قاب‌های مهاربندی شده همگرای ویژه (SCBF) انتظار می‌رود قاب تحت اثر نیروی جانبی (زلزله طرح) تغییرشکل‌های فرا ارجاعی قابل ملاحظه را تحمل کنند. در هر دوی قاب‌های معمولی و ویژه بعد از تحمل تغییرشکل‌ها نباید کاهش مقاومت چندانی در قاب رخ دهد.

رفتار فرا ارجاعی مورد نظر ممکن است به مرحله بعد از کمانش مهاربند، توسعه یابد. از این رو پیکربندی و طراحی مهاربندها و اتصالات آن باید چنان باشد که از عهده‌ی این تغییرشکل برآیند.

۱ پیکربندی مجاز → قطری-ضربردی-۷-چند ردیفی در یک طبقه

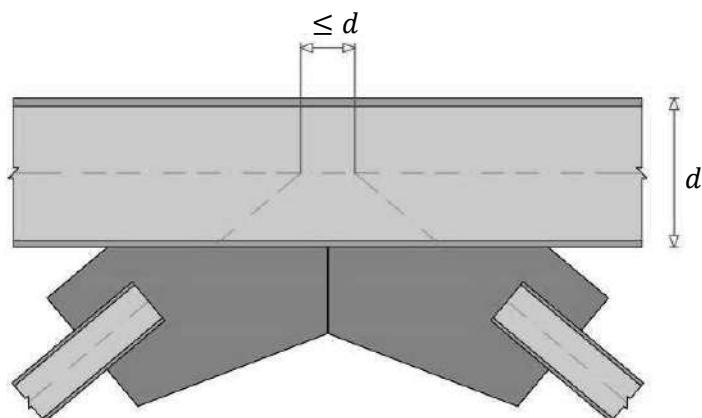


۲ سوراخ در جان تیر → تعبیه سوراخ‌های متواالی در جان تیرهای دهانه‌های مهاربندی شده با هر نوع مهاربندی مجاز نیست. در صورت لزوم به تعبیه سوراخ در جان تیر، اطراف آن باید به نحوی تقویت گردد که مقاومت‌های موجود در مقطع سوراخ‌دار، از مقاومت‌های موجود مقطع کامل تیر کوچک‌تر نباشد.

در طراحی اعضا و اتصالات قاب‌های دارای دهانه‌های مهاربندی علاوه بر الزامات متعارف کتاب فلوچارت طراحی سازه‌های فلزی جلد اول و همچنین الزامات لرزه‌ای عمومی (فصل اول کتاب حاضر) الزامات این بخش نیز باید رعایت شود.

خروج از مرکزیت کمتر از عمق تیر مجاز است مشروط بر اینکه در طراحی اعضا، لنگرهای ناشی از خروج از مرکزیت، بر اساس بارگذاری زلزله تشیدی‌یافته در نظر گرفته شود.

خروج از مرکزیت کمتر از عمق تیر مجاز است مشروط بر اینکه برآیند نیروهای اعضا و اتصالات در طراحی لحاظ شوند و منع مورد انتظار ظرفیت تغییرشکل غیرلاستیک، تغییر نکند.



با توجه به ماهیت نیروی جانبی زلزله که رفت و برگشتی است مهاربندها هم، باید برای نیروهای رفت و برگشتی طراحی شوند. یعنی هر مهاربند باید در فشار و کشش طراحی شود. اما مبحث دهم عنوان می‌نماید که در قاب‌های مهاربندی شده همگرای معمولی، طراحی مهاربندهای قطری و ضربدری به صورت کششی تنها مجاز است.

مهاربندهای همگرای ویژه

در این نوع قاب‌های مهاربندی شده، استفاده از مهاربندهای به شکل K مجاز نیست. → مهاربند K

بند (۱۰-۳-۴-۲-۴-۳)

در هر یک از ردیف‌های مهاربندی، مهاربندها باید به صورت یک جفت کششی و فشاری قرینه نسبت به محور مرکزی دهانه مهاربندی مورد استفاده قرار گیرند.

اعضای افقی واقع در تراز هر یک از ردیف‌های مهاربندی باید الزامات زیر را تامین کند:

۱- در تراز هر یک از ردیف‌های مهاربندی باید عضو افقی وجود داشته باشد.

۲- اعضای افقی که توسط مهاربندی‌های به شکل ۷ و ۸ قطع می‌شوند، باید الزامات بخش ۳-۴-۳-۱۰-۲-۴-۳-۱۰ را تامین نماید.

۳- (الزامات تیرهای دهانه مهاربندی ۷ و ۸) را تامین نماید.

۴- در صورتی که کمانش مهاربندها در خارج از صفحه قاب باشد، در بررسی لزوم یا عدم لزوم به تامین مهار جانبی در طول عضو افقی، لنگرهای پیچشی ناشی از کمانش مهاربند باید در نظر گرفته شود.

$$T_u = \frac{1.1 R_y M_p}{\alpha_s} \leq (T_u)_{max} = (M_d)$$

اتصال عضو مهاربندی

مهاربندهای چندردیفی در
یک طبقه

بند (۵-۴-۳-۴-۲-۴-۳-۱۰)

ستون‌های واقع در دهانه مهاربندی باید الزامات زیر را تامین نمایند:

۱- در تراز هر یک از ردیف‌های مهاربندی ستون‌ها باید در برابر پیچش مهار شوند.

۲- ستون‌ها باید دارای مقاومت موجود کافی در برابر نیروهای ناشی از کمانش مهاربندها داشته باشند.

$$M_u = \frac{1.1 R_y M_p}{\alpha_s} \leq (M_u)_{max} = (M_d)$$

اتصال عضو مهاربندی

۳- در کلیه ترکیبات بارگذاری در طراحی ستون‌هایی که تحت اثر بار محوری فشاری قرار دارند باید آثار مرتبه دوم و نیز آثار ناشی از نواقص هندسی اولیه لحاظ شود.

$$= حداقل نیرو در تراز هر یک از ردیف‌های مهاربندی$$

مeharbind (F_y)

توجه شود این نیرو در خارج از صفحه مهاربندی اعمال شود. همچنین:

$$(B_1)_{max} \leq 2$$

در تراز هر یک از ردیف‌های مهاربندی مقدار تغییرمکان جانبی نسبی ضمن رعایت الزامات مبحث ششم مقررات ملی ساختمان نباید از دو درصد ارتفاع ردیف مهاربندی بیشتر باشد.

مهاربندهای کمانش‌تاب

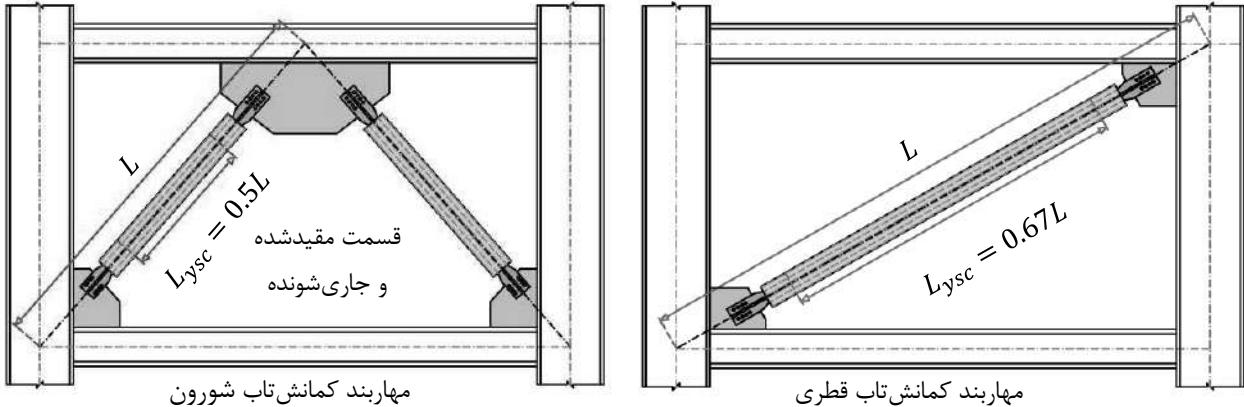
۱

تعیین طول قطعه جاری‌شونده

L_{ysc}

مهاربند قطری $\rightarrow L_{ysc} = 0.5L$

مهاربند شورون $\rightarrow L_{ysc} = 0.67L$



۲

تعیین تغییر طول محوری قطعه جاری شونده

$\Delta_{bre} = \frac{P_{br} L_{ysc}}{E_{sc} A_{sc}}$

۳

تعیین تغییرشکل محوری غیر ارجاعی

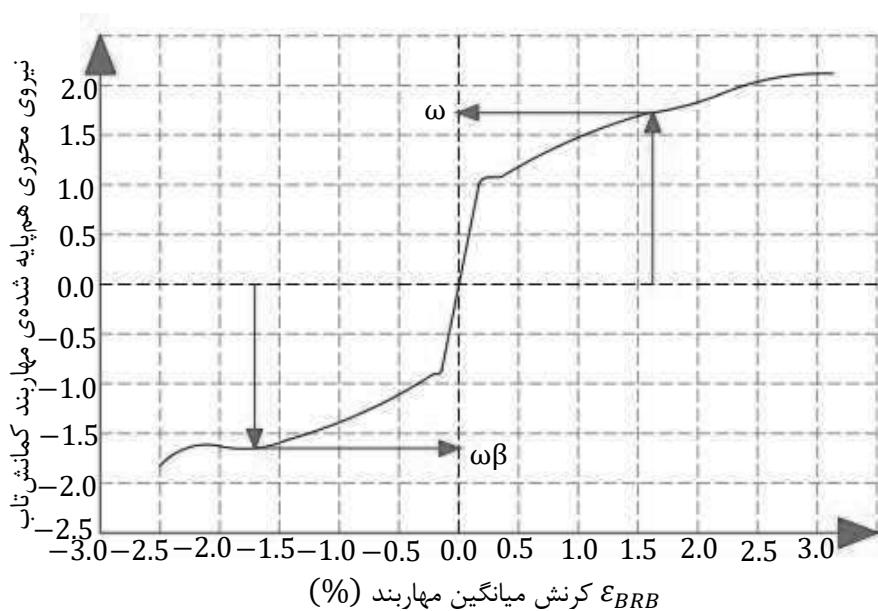
$\Delta_{bm} = C_d \Delta_{bre} \geq 0.01 H \cos\theta \quad C_d = 5$

۴

تعیین کرنش میانگین مهاربند

$\varepsilon_{BRB} = \frac{2\Delta_{bm}}{L_{ysc}}$

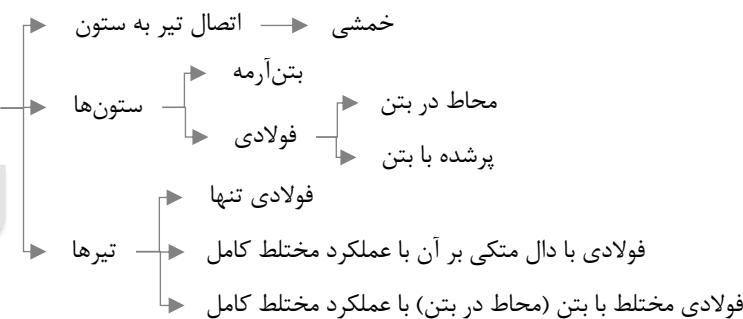
۵

تعیین ضرایب β و ω از روی نمودار E_{sc} : ضریب ارجاعی قطعه جاری‌شونده مهاربند کمانش‌تاب A_{sc} : مساحت قطعه جاری‌شونده مهاربند کمانش‌تاب H : ارتفاع طبقه P_{br} : نیروی محوری مهاربند کمانش‌تاب از زلزله طرح C_d : ضریب بزرگنمایی تغییر مکان L_{ysc} : طول قطعه جاری‌شونده مهاربند کمانش‌تاب θ : زاویه مهاربند با افق P_{ysc} : مقاومت جاری شدن محوری بخش جاری‌شونده هسته فولادی مهاربند

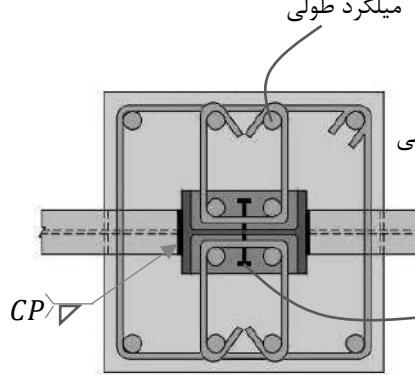
قاب خمشی مختلط ویژه

ترکیب اجزای قاب
خمشی مختلط ویژه

بند (۱۰-۳-۵-۱)



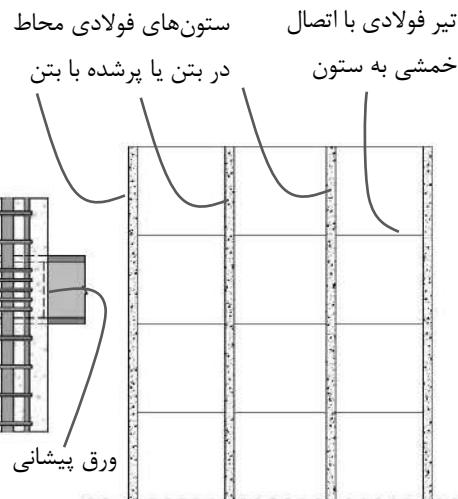
بیانیه
پیوست



$$0.01 \leq \rho_{sr} \leq 0.06$$

میلگردهای طولی

میلگردهای عرضی



در این قاب‌ها انتظار رفتار فرا ارجاعی قابل توجهی در محدوده‌ی دو انتهای تیرها و تسليم محدودی در چشممه اتصال ستون‌ها داریم.

در این نوع قاب‌ها، طراحی ستون‌ها باید به طریقی صورت گیرد که در هر گره ضابطه تیر ضعیف ضابطه تیر ضعیف ستون قوی ستون قوی رعایت گردد.

$$\frac{\sum M_{pcc}^*}{\sum M_{pcb}^*} > 1$$

در ارتباط با مهار جانبی تیرهای باربر لرزه‌ای، علاوه بر الزامات عمومی بند ۱۰-۲-۳-۱-۸-۲-۱ که در فصل اول ارائه شد، باید الزامات زیر نیز تامین شود.

کلیه تیرهای باربر لرزه‌ای باید دارای مهار جانبی کافی باشند، به طوری که در تعیین مقاومت خمشی اسمی تیر (M_n) حالت حدی کمانش جانبی-پیچشی تعیین‌کننده نباشد.

مهار جانبی تیرها باید به گونه‌ای طراحی شوند که در محل اتصال آن‌ها به تیر از تغییرمکان جانبی هر دو بال تیر یا از پیچش کل مقطع بطور موثری جلوگیری شود.

مهار جانبی
تیرها

در محل اعمال بارهای متتمرکز خارجی در طول تیر

در محل تغییر مقطع تیر

در محل‌هایی که نتایج تحلیل نشانگر احتمال تشکیل مفصل پلاستیک است.

در محل‌هایی که در اتصالات پیش‌تایید شده پیش‌بینی شده است.

مهارهای جانبی که در محل تشکیل مفصل پلاستیک تعییه می‌شوند باید دارای مقاومت مهارهای جانبی باشند.

مقاومت مهارهای جانبی

بیانیه
پیوست

الزامات عمومی

۵) در اتصالات گیردار مستقیم تیر به ستون، پشتبندهای مورد استفاده در بال تحتانی تیر (در صورت وجود) باید برداشته شوند و پس از برداشتن پشتبند، پاس ریشه باید تا رسیدن به فلز جوش سالم شیارزنی شود و با جوش گوشه به ضخامت حداقل ۸ میلی‌متر تقویت گردد. ضخامت جوش گوشه تقویتی باید به گونه‌ای باشد که پنجه جوش گوشه روی فلز پایه تیر قرار گیرد. چنانچه پس از حذف پشتبند، فلز پایه و ریشه جوش به صورت یکنواخت سنگ زنی شوند، نیازی به ادامه دادن جوش گوشه تقویتی روی فلز پایه نیست.

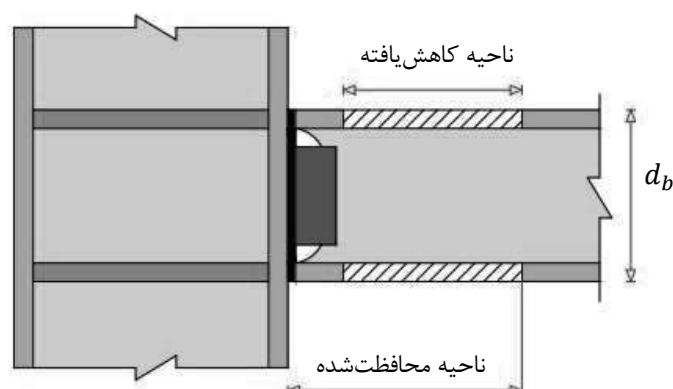
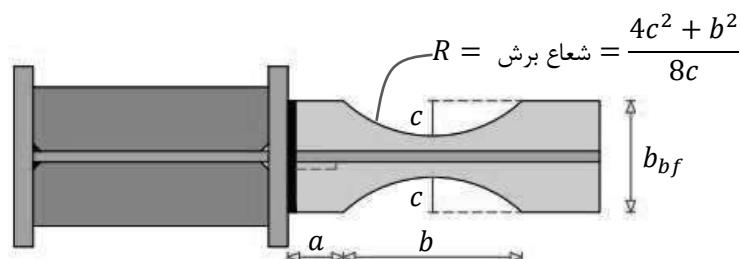
۶) در اتصالات گیردار مستقیم تیر به ستون، برداشتن پشتبندهای مورد استفاده در بال فوقانی تیر (در صورت وجود) الزامی نیست. در صورتی که پشتبندها برداشته نشوند، این پشتبندها باید با جوش گوشه به ضخامت حداقل ۸ میلی‌متر به بال ستون جوش داده شوند. جوشکاری این پشتبندها به بال‌های تیر مجاز نیست.

۷) در صورت اجرای اتصالات گیردار به صورت درختی، محل وصله تیر، شامل نواحی که وصله با جوش یا پیچ به تیر متصل می‌شود، باید خارج از ناحیه حفاظت‌شده باشد.

اتصال گیردار تیر با مقطع کاهش‌یافته (RBS)

در این نوع اتصال قسمتی از بال تیر در مجاورت اتصال آن به ستون بر اساس محدودیت‌های این بخش کاهش می‌یابد. هدف از این اقدام این است که تسلیم و تشكیل مفاصل پلاستیک به طور عمدۀ در این قسمت از تیر اتفاق بیفتد.

نکته: ناحیه کاهش‌یافته تیر باید دارای مقاومت موجود کافی در برابر کلیه ترکیبات بارگذاری متعارف باشد.



اتصال گیردار تیر با مقطع کاهش یافته (RBS)

جدول محدودیت تیرها

عنوان	شرح
مقاطع مجاز	مقاطع نوردشده I یا H شکل و مقاطع ساخته شده از ورق دارای مقطع I یا H شکل
عمق مقطع تیر (d_b)	$(d_b)_{max} = 1100 \text{ mm}$
جرم تیر (m)	$m_{max} = 600 \text{ Kg}$
ضخامت بال مقطع تیر (t_{bf})	$(t_{bf})_{max} = 55 \text{ mm}$
دهانه آزاد تیر	$\frac{L_h}{d_b} \geq 7 \leftarrow \frac{\text{قاب خمشی ویژه}}{\text{قاب خمشی متوسط}} \leftarrow \lambda \leq \lambda_{hd} \leftarrow \lambda \leq \lambda_{md}$
عمق تیر	$\frac{L_h}{d_b} \geq 5 \leftarrow \frac{\text{قاب خمشی متوسط}}{\text{قاب خمشی ویژه}} \leftarrow \lambda \leq \lambda_{md} \leftarrow \text{در دو انتهای تیر، ناحیه حفاظت شده باید برابر } a + b \text{ در نظر گرفته شود.}$
پهنهای آزاد	$S_h = a + \frac{b}{2} \text{ در نظر گرفته می شود.}$
ضخامت	$\lambda = \frac{\text{طول ناحیه حفاظت شده}}{\text{محل تشکیل مفصل پلاستیک } (S_h)}$
سایر الزامات تیرها	سوراخ دسترسی: در دو انتهای تیر، برای انجام جوش شیاری با نفوذ کامل بال تیر به بال ستون، تعییه سوراخ های دسترسی الزامی بوده و هندسه‌ی آنها باید مطابق الزامات بند ۹-۲-۱۰-۴-۱ باشد.
	$R = (4c^2 + b^2)/8c$
	$0.5b_{bf} \leq a \leq 0.75b_{bf}$
	$0.65d_b \leq b \leq 0.85d_b$
	$0.1b_{bf} \leq c \leq 0.25b_{bf}$

جدول محدودیت ستون‌ها

عنوان	شرح
مقاطع مجاز	مقاطع نوردشده H شکل- مقاطع ساخته شده دارای مقطع H شکل- مقاطع جعبه‌ای ساخته شده از ورق یا ساخته شده از مقاطع H شکل همراه با ورق‌های کناری- مقاطع صلیبی شکل ساخته شده از ورق یا ساخته شده از نیمرخ‌های نوردشده
عمق مقطع ستون (d_c)	مقطع H شکل و صلیبی $\leftarrow (d_c)_{max} = 1000 \text{ mm}$ مقطع جعبه‌ای و H شکل جعبه‌ای شده $\leftarrow (d_c)_{max} = 750 \text{ mm}$
پهنهای مقطع ستون (b_c)	مقطع صلیبی $\leftarrow (b_c)_{max} = 1000 \text{ mm}$ مقطع جعبه‌ای و H شکل ساخته شده $\leftarrow (b_c)_{max} = 750 \text{ mm}$
ورق مضاعف در ستون‌های جعبه‌ای	در قاب‌های خمشی ویژه، جان تیر باید از طریق جوش شیاری با نفوذ کامل به بال ستون جوش شود. علاوه بر آن لازم است یک ورق تکی جان در فاصله بین دو سوراخ دسترسی تعییه شود. استفاده از ورق تکی جان به عنوان پشتبنده جوش شیاری جان تیر به ستون نیز مجاز است. ضخامت ورق تکی جان باید حداقل برابر ۱۰ میلی‌متر باشد. اتصال ورق تکی به بال ستون و جان تیر می‌تواند از نوع جوش گوشه یک طرفه با ضخامت حداقل آبین‌نامه‌ای باشد در انتهای جوش شیاری جان تیر به بال ستون استفاده از ورق‌های گوشواره‌ای الزامی نیست تعییه سوراخ در جان تیر به منظور مونتاژ در این اتصال مجاز است.