

## مهاری جانبی تیرها

۳

تیر مختلط  
محاط در بتن

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

$$L_b \leq \frac{0.086 r_y E}{R_y F_y} \quad \text{فاصله مهاریهای جانبی یا پیچشی نقطه‌ای}$$

$$P_{bu} = \frac{0.02 M_{p,exp}}{h_0} \quad \text{حداقل نیروی طراحی مهاری جانبی یا پیچشی}$$

$$\begin{aligned} &\text{حداقل سختی مهاریها} \rightarrow \begin{cases} \text{مهاری جانبی} \rightarrow \begin{cases} LRFD \rightarrow K_{bu} \geq \frac{1}{\phi} \frac{10 M_u}{L_b h_0} \\ ASD \rightarrow K_{ba} \geq \Omega \frac{10 M_a}{L_b h_0} \end{cases} \\ \text{مهاری پیچشی} \rightarrow K_{Tu} \geq \frac{\beta_T}{1 - \frac{\beta_T}{\beta_{sec}}} \end{cases} \end{aligned}$$

$M_{p,exp}$ : 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 ۳-۸-۲-۳-۱۰ در مواردی که در الزامات سیستم‌های باربر جانبی لرزه‌ای، تعبیه مهاریهای جانبی اضافی مقرر شده باشد، این مهاریهای جانبی اضافی باید در مجاورت نواحی محل مورد انتظار تشکیل مفصل پلاستیک تیر تعبیه شود.

۱

تیر فولادی

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

$$P_{bu} = \frac{0.06 R_y F_y Z}{\alpha_s h_0} \quad \text{مهاری جانبی}$$

$$M_{Tu} = \frac{0.06 R_y F_y Z}{\alpha_s} \quad \text{مهاری پیچشی}$$

$$\begin{aligned} &\text{حداقل سختی مهاریها} \rightarrow \begin{cases} \text{مهاری جانبی} \rightarrow \begin{cases} LRFD \rightarrow K_{bu} \geq \frac{1}{\phi} \frac{10 M_u}{L_b h_0} \\ ASD \rightarrow K_{ba} \geq \Omega \frac{10 M_a}{L_b h_0} \end{cases} \\ \text{مهاری پیچشی} \rightarrow K_{Tu} \geq \frac{\beta_T}{1 - \frac{\beta_T}{\beta_{sec}}} \end{cases} \end{aligned}$$

۱۰-۳-۳-۱۰ (بند ۳)  
 ۱۰-۳-۳-۱۰ (بند ۵)  
 ۱۰-۳-۳-۱۰ (بند ۷)

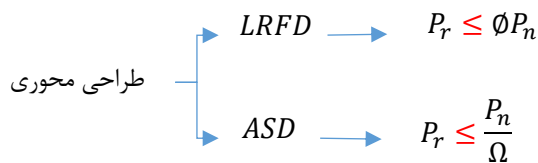


Figure 1 consists of four diagrams labeled (a) through (d).  
 (a) A horizontal beam of total length \$L\_h\$ is supported by two vertical columns. Plastic hinges are indicated at the supports and at the center. The distance from each support to the central hinge is \$S\_h\$. The beam is labeled 'مفصل پلاستیک' (plastic hinge) at the supports.  
 (b) A horizontal beam of length \$L\_{cf}\$ is supported by two vertical columns. A central hinge is indicated at the midpoint.  
 (c) A horizontal beam of length \$L\_{cf}\$ is supported by two vertical columns. A central hinge is indicated at the midpoint. The beam is subjected to a uniformly distributed load \$\alpha D + \beta L\$. The reaction forces at the supports are labeled \$M\_r\$, \$M\_{hr}\$, \$V\_r\$, and \$V\_{hr}\$.  
 (d) A horizontal beam of length \$L\_{cf}\$ is supported by two vertical columns. A central hinge is indicated at the midpoint. The beam is subjected to a uniformly distributed load \$\alpha D + \beta L\$. The reaction forces at the supports are labeled \$M\_r\$, \$V\_r\$, and \$V'\_r\$.

|                                                                          |                                   |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| $V_r$ : مقاومت برشی مورد نیاز                                            | $V_n$ : مقاومت برشی اسمی موجود    |
| $M_r$ : مقاومت خمشی مورد نیاز                                            | $M_n$ : مقاومت خمشی اسمی موجود    |
| $M_{pr}$ : لنگر خمشی محتمل در محل تشکیل مفصل پلاستیک در تیر              | $S_h$ : فاصله محل مفصل پلاستیک تا |
| $M_p = M_{pb}$ : لنگر پلاستیک مقطع تیر در محل تشکیل مفصل پلاستیک         | $L_h$ : فاصله بین محل تشکیل مفصل  |
| $V_{ECL}$ : برش ناشی از زلزله محدود به ظرفیت خمشی در دو انتهای تیر       | $L_{cf}$ : طول دهانه آزاد تیر     |
| $V_{hr}$ و $M_{hr}$ : به ترتیب برش و لنگر خمشی در محل تشکیل مفصل پلاستیک |                                   |

الزمرات عمومی (بند ۱۰-۳-۱) (بند ۱۰-۴-۱) (بند ۱۰-۲-۴-۱)

رفتار فرا ارتجاعی 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 تغییر شکل برآیند.

مهر بند ۷ و ۸ ترکیبی

مهر بند ۷ ترکیبی

مهر بند ۸ ترکیبی

ضربدری

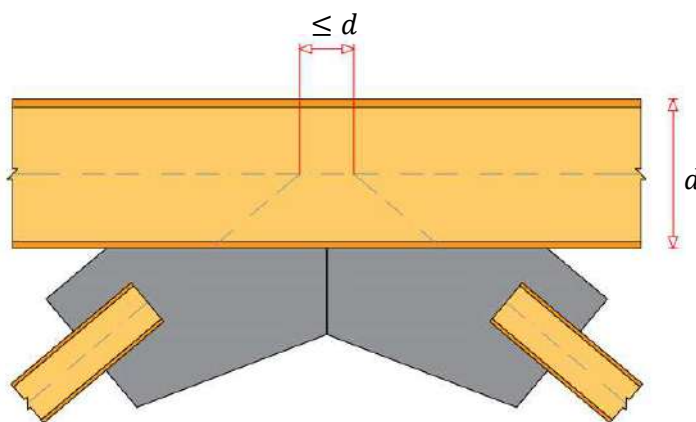
قطری

چندردیفی

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

خروج از مرکزیت

- معمولی → 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 تشدید یافته در نظر گرفته شود.
- ویژه → خروج از مرکزیت کمتر از عمق تیر مجاز است مشروط بر اینکه برآیند نیروهای اعضا و اتصالات در طراحی لحاظ شوند و منبع مورد انتظار ظرفیت تغییر شکل 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 مهاربندی‌شده همگرای معمول، طراحی، مهاربندهای قطری و ضربدری به صورت کششی، تنها مجاز است.

طراحی مهاربند  
بصورت کششی تنها →

## مهاربندهای همگرای ویژه

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

بند (۳-۴-۲-۴-۳-۱۰)

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 مهاربندهای به شکل ۷ و ۸ قطع می‌شوند، باید الزامات بخش ۳-۴-۳-۱۰-۲-۴ (الزامات تیرهای دهانه مهاربندی ۷ و ۸) را تامین نماید.

۳- 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.

$$T_u = \frac{1.1R_y M_p}{\alpha_s} \leq (T_u)_{max} = (M_d) \quad \text{اتصال عضو مهاربندی}$$

مهاربندهای چندردیفی در یک طبقه

بند (۵-۴-۲-۴-۳-۱۰)

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.

$$M_u = \frac{1.1R_y M_p}{\alpha_s} \leq (M_u)_{max} = (M_d) \quad \text{اتصال عضو مهاربندی}$$

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.

$$0.006(F_y)_{\text{مهاربند}} = \text{حداقل نیرو در تراز هر یک از ردیف‌های مهاربندی}$$

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

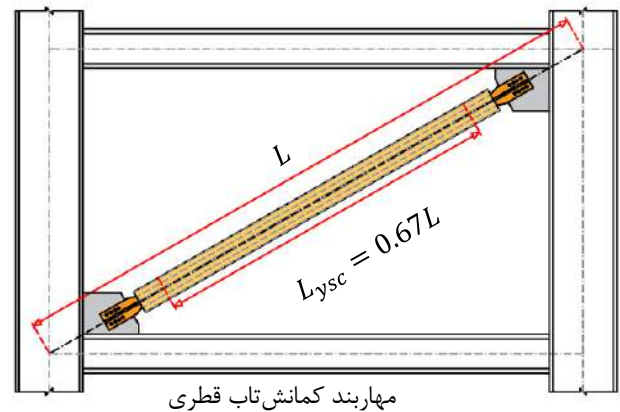
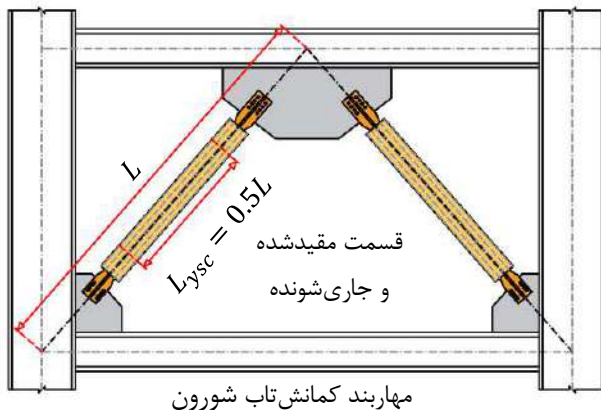
$$(B_1)_{max} \leq 2$$

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 کمانش تاب

۱

تعیین طول قطعه جاری شونده

 $L_{y_{sc}}$ مهاربند قطری  $\rightarrow L_{y_{sc}} = 0.5L$ مهاربند شورون  $\rightarrow L_{y_{sc}} = 0.67L$ 

۲

تعیین تغییر طول محوری قطعه جاری شونده

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

۳

تعیین تغییر شکل محوری غیر ارتجاعی

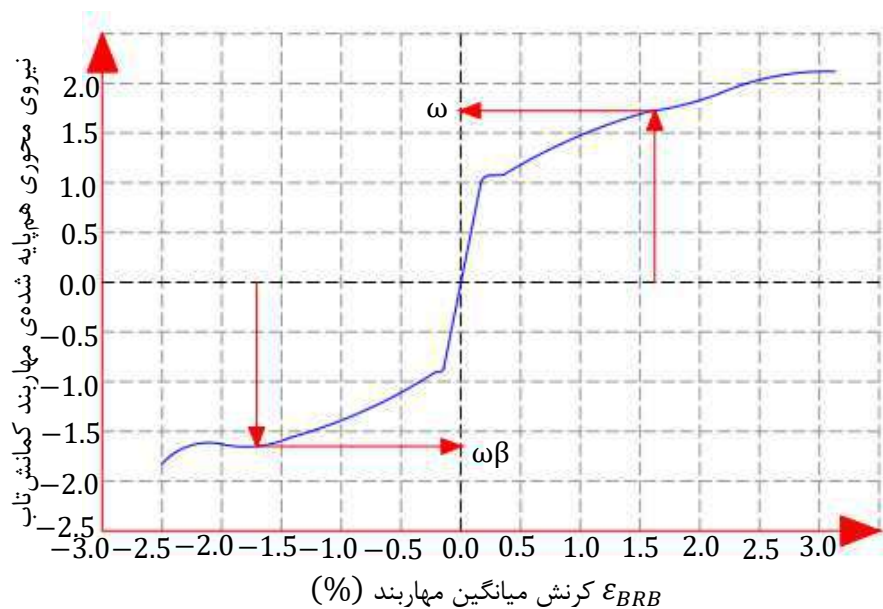
$$\Delta_{bm} = C_d \Delta_{bre} \geq 0.01 H \cos \theta \quad C_d = 5$$

۴

تعیین کرنش میانگین مهاربند

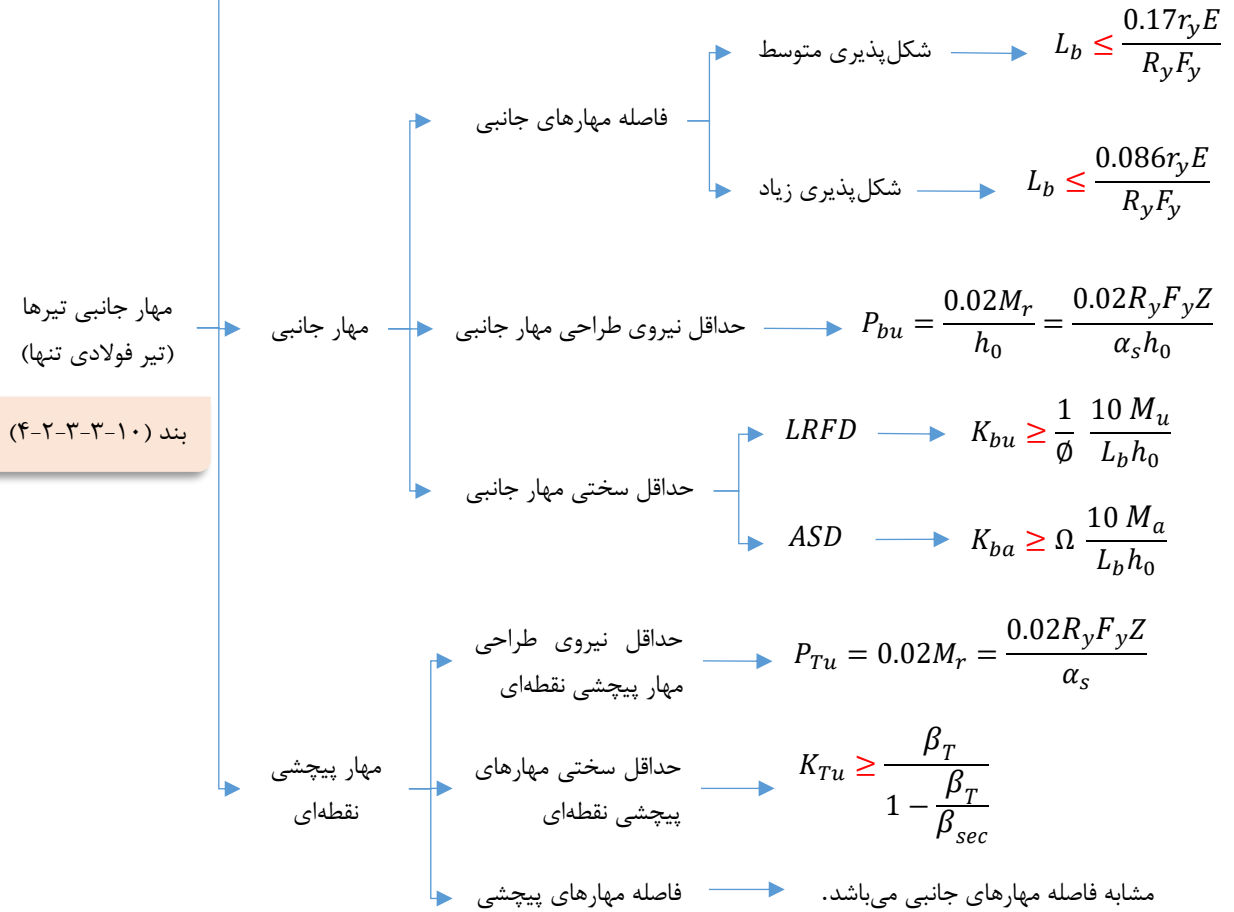
$$\varepsilon_{BRB} = \frac{2\Delta_{bm}}{L_{y_{sc}}}$$

۵

تعیین ضرایب  $\beta$  و  $\omega$  از روی نمودار $E_{sc}$ : ضریب ارتجاعی قطعه جاری شونده مهاربند کمانش تاب $H$ : ارتفاع طبقه $C_d$ : ضریب بزرگ‌نمایی تغییر مکان $\theta$ : زاویه مهاربند با افق $A_{sc}$ : مساحت قطعه جاری شونده مهاربند کمانش تاب $P_{br}$ : نیروی محوری مهاربند کمانش تاب از زلزله طرح $L_{y_{sc}}$ : طول قطعه جاری شونده مهاربند کمانش تاب $P_{y_{sc}}$ : مقاومت جاری شدن محوری بخش جاری شونده هسته فولادی مهاربند

## مبانی طراحی

هر دو بال تیر باید به صورت جانبی یا مقطع تیر از طریق مهار پیچشی نقطه‌ای مهار شود.



$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$M_u = R_y F_y Z$$

$$M_a = \frac{R_y F_y Z}{1.5}$$

$$\beta_T \xrightarrow{\text{LRFD}} \beta_T = \frac{1}{\phi} \frac{2.4L}{nEI_{yeff}} \left( \frac{M_u}{C_b} \right)^2 \quad \phi = 0.75$$

$$\beta_T \xrightarrow{\text{ASD}} \beta_T = \Omega \frac{2.4L}{nEI_{yeff}} \left( \frac{M_a}{C_b} \right)^2 \quad \Omega = 3$$

$$\beta_{sec} = \frac{3.3E}{h_0} \left( \frac{1.5h_0 t_w^3}{12} + \frac{t_{st} b_s^3}{12} \right)$$

$$I_{yeff} = I_{yc} + \left( \frac{t}{c} \right) I_{yt}$$

$$\alpha_s \xrightarrow{\text{LRFD}} \alpha_s = 1$$

$$\alpha_s \xrightarrow{\text{ASD}} \alpha_s = 1.5$$

$h$ : فاصله مرکز تا مرکز اجزای مرزی افقی

$L$ : فاصله مرکز تا مرکز اجزای مرزی قائم

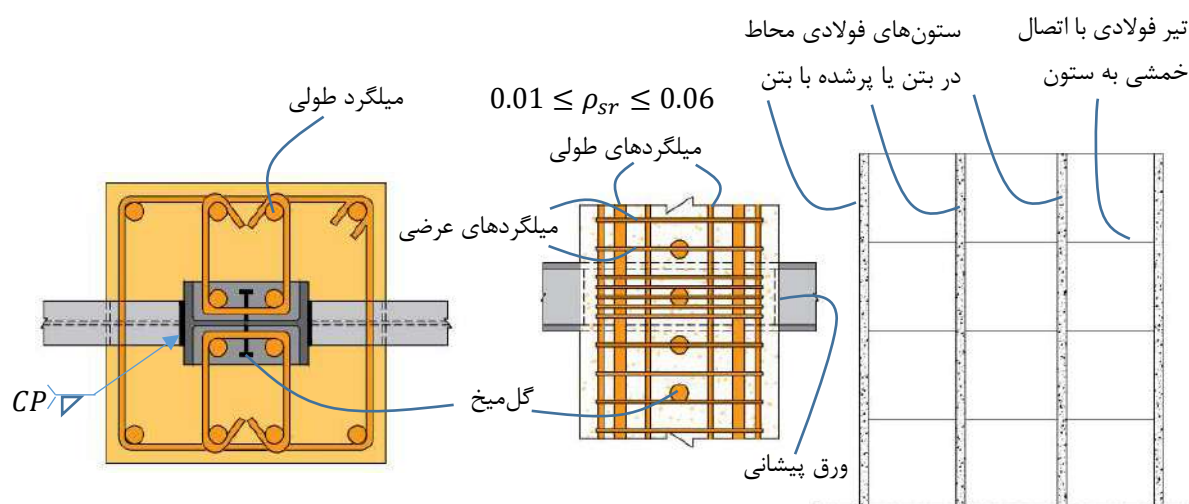
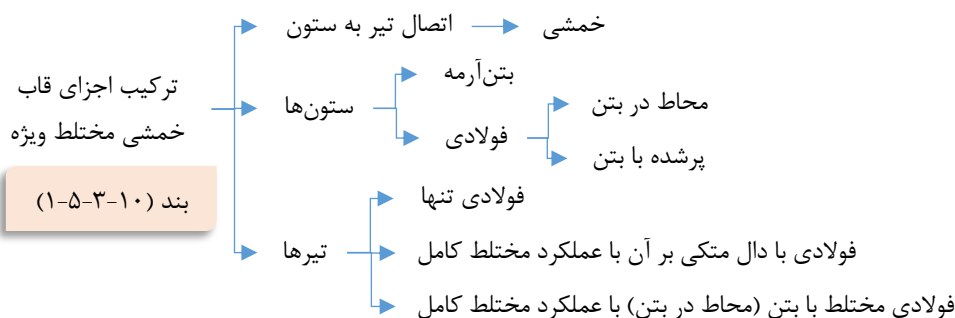
$t_{w2}$ : ضخامت ورق دیوار در بالای جزء مرزی افقی

$I_c$ : ممان اینرسی جزء مرزی قائم حول محور اصلی عمود بر صفحه دیوار

$I_b$ : ممان اینرسی جزء مرزی افقی حول محور اصلی عمود بر صفحه دیوار

$t_{w1}$ : ضخامت ورق دیوار در پایین جزء مرزی افقی

## قاب خمشی مختلط ویژه



در این قاب‌ها انتظار رفتار فرا ارتجاعی قابل توجهی در محدوده‌ی دو انتهای تیرها و تسلیم محدودی در چشمه اتصال ستون‌ها داریم.

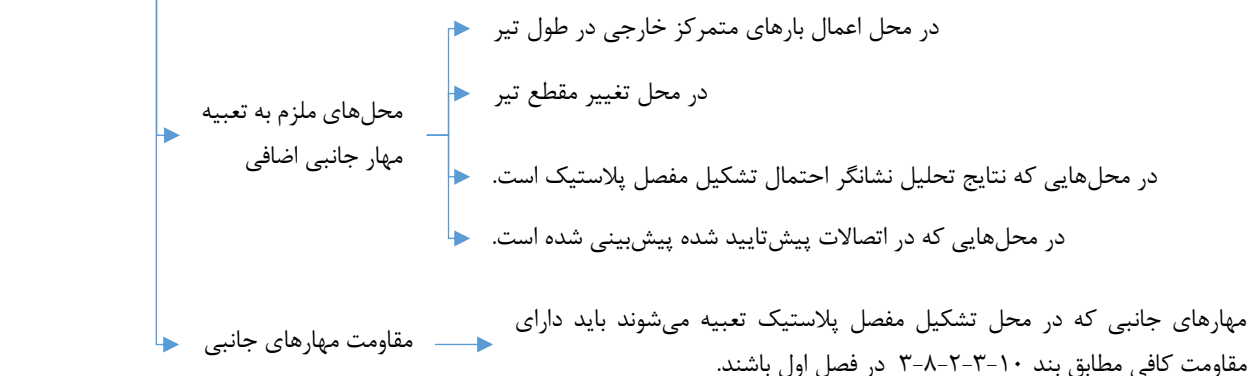
در این نوع قاب‌ها، طراحی ستون‌ها باید به طریقی صورت گیرد که در هر گره ضابطه تیر ضعیف ضابطه تیر ضعیف ستون قوی ستون قوی رعایت گردد.

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

در ارتباط با مهار جانبی تیرهای باربر لرزه‌ای، علاوه بر الزامات عمومی بند ۱۰-۳-۲-۸-۱ 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 تغییر مکان جانبی هر دو بال تیر یا از پیچش کل مقطع بطور موثری جلوگیری شود.



## الزامات عمومی

جوشکاری (بند ۱۰-۳-۷-۱-ت)

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.

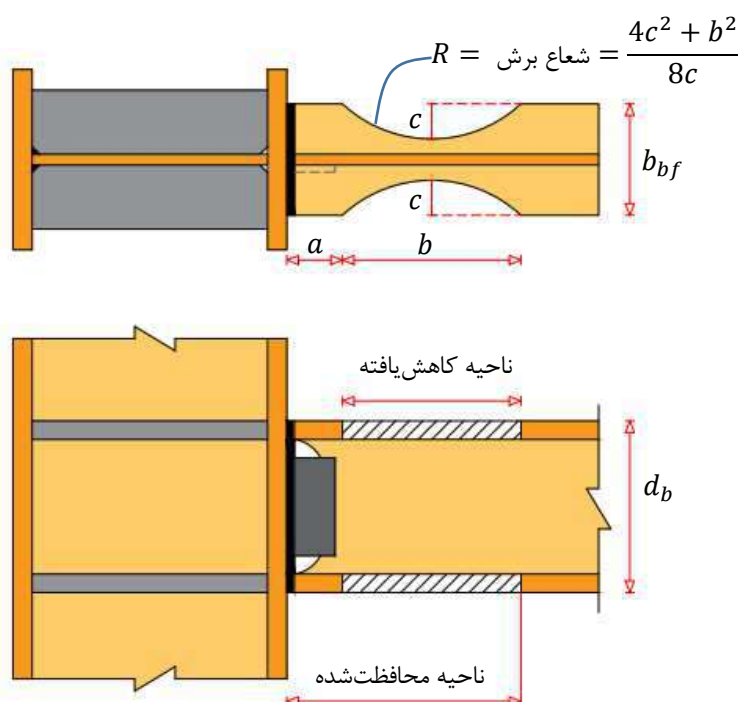
۶) در اتصالات گیردار مستقیم تیر به ستون، برداشتن پشت‌بندهای مورد استفاده در بال فوقانی تیر (در صورت وجود) الزامی نیست. در صورتی که پشت‌بندها برداشته نشوند، این پشت‌بندها باید با جوش گوشه به ضخامت حداقل ۸ میلی‌متر به بال ستون جوش داده شوند. جوشکاری این پشت‌بندها به بال‌های تیر مجاز نیست.

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 تشکیل مفاصل پلاستیک به طور عمد در این قسمت از تیر اتفاق بیفتد.

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



معرفی اتصال (RBS) (بند ۱۰-۳-۷-۲)

## 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 $(t_{bf})$                                    | $(t_{bf})_{max} = 55 \text{ mm}$                                                                                                                                               |
| $\frac{L_h}{d_b} = \frac{\text{دهانه آزاد تیر}}{\text{عمق تیر}}$ | قاب خمشی ویژه $\frac{L_h}{d_b} \geq 7$                                                                                                                                         |
|                                                                  | قاب خمشی متوسط $\frac{L_h}{d_b} \geq 5$                                                                                                                                        |
| $\lambda = \frac{\text{پهنای آزاد}}{\text{ضخامت}}$               | قاب خمشی ویژه $\lambda \leq \lambda_{hd}$                                                                                                                                      |
|                                                                  | قاب خمشی متوسط $\lambda \leq \lambda_{md}$                                                                                                                                     |
| طول ناحیه حفاظت شده                                              | در دو انتهای تیر، ناحیه حفاظت شده باید برابر $a + b$ در نظر گرفته شود.                                                                                                         |
| محل تشکیل مفصل پلاستیک $(S_h)$                                   | از بر ستون $S_h = a + \frac{b}{2}$ در نظر گرفته می شود.                                                                                                                        |
| سایر الزامات تیرها                                               | سوراخ دسترسی: در دو انتهای تیر، برای انجام جوش شیاری با نفوذ کامل بال تیر به بال ستون، تعبیه سوراخ های دسترسی الزامی بوده و هندسه ی آنها باید مطابق الزامات بند ۱۰-۲-۹-۴ باشد. |
|                                                                  | $R = (4c^2 + b^2)/8c$                                                                                                                                                          |
|                                                                  | $0.5b_{bf} \leq a \leq 0.75b_{bf}$                                                                                                                                             |
|                                                                  | $0.65d_b \leq b \leq 0.85d_b$                                                                                                                                                  |
|                                                                  | $0.1b_{bf} \leq c \leq 0.25b_{bf}$                                                                                                                                             |

الزامات تیرها در (RBS) (بند ۱۰-۳-۷-۲-۱)

جدول محدودیت ستون ها

| عنوان                         | شرح                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| مقاطع مجاز                    | مقاطع نوردشده H شکل - مقاطع ساخته شده دارای مقطع H شکل - مقاطع جعبه ای ساخته شده از ورق یا ساخته شده از مقاطع H شکل همراه با ورق های کناری - مقاطع صلیبی شکل ساخته شده از ورق یا ساخته شده از نیمرخ های نوردشده                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| عمق مقطع ستون $(d_c)$         | مقطع H شکل و صلیبی $(d_c)_{max} = 1000 \text{ mm}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| پهنای مقطع ستون $(b_c)$       | مقطع جعبه ای و H شکل جعبه ای شده $(d_c)_{max} = 750 \text{ mm}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                               | مقطع صلیبی $(b_c)_{max} = 1000 \text{ mm}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ورق مضاعف در ستون های جعبه ای | مقطع جعبه ای و H شکل ساخته شده $(b_c)_{max} = 750 \text{ mm}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                               | در قاب های 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 تعبیه شود. استفاده از ورق تکی جان به عنوان پشت بند جوش شیاری جان تیر به ستون نیز مجاز است. ضخامت ورق تکی جان باید حداقل برابر ۱۰ میلی متر باشد. اتصال ورق تکی به بال ستون و جان تیر می تواند از نوع جوش گوشه یک طرفه با ضخامت حداقل آیین نامه ای باشد در انتهای جوش شیاری جان تیر به بال ستون استفاده از ورق های گوشواره ای الزامی نیست تعبیه سوراخ در جان تیر به منظور مونتاژ در این اتصال مجاز است. |

الزامات ستون ها در (RBS) (بند ۱۰-۳-۷-۲-۲)