



طراحی سازه‌های فولادی ۲

مدرس: دکتر شهاب‌الدین حاتمی

طراحی لرزه‌ای قاب‌های مهاربندی‌شده واگرا

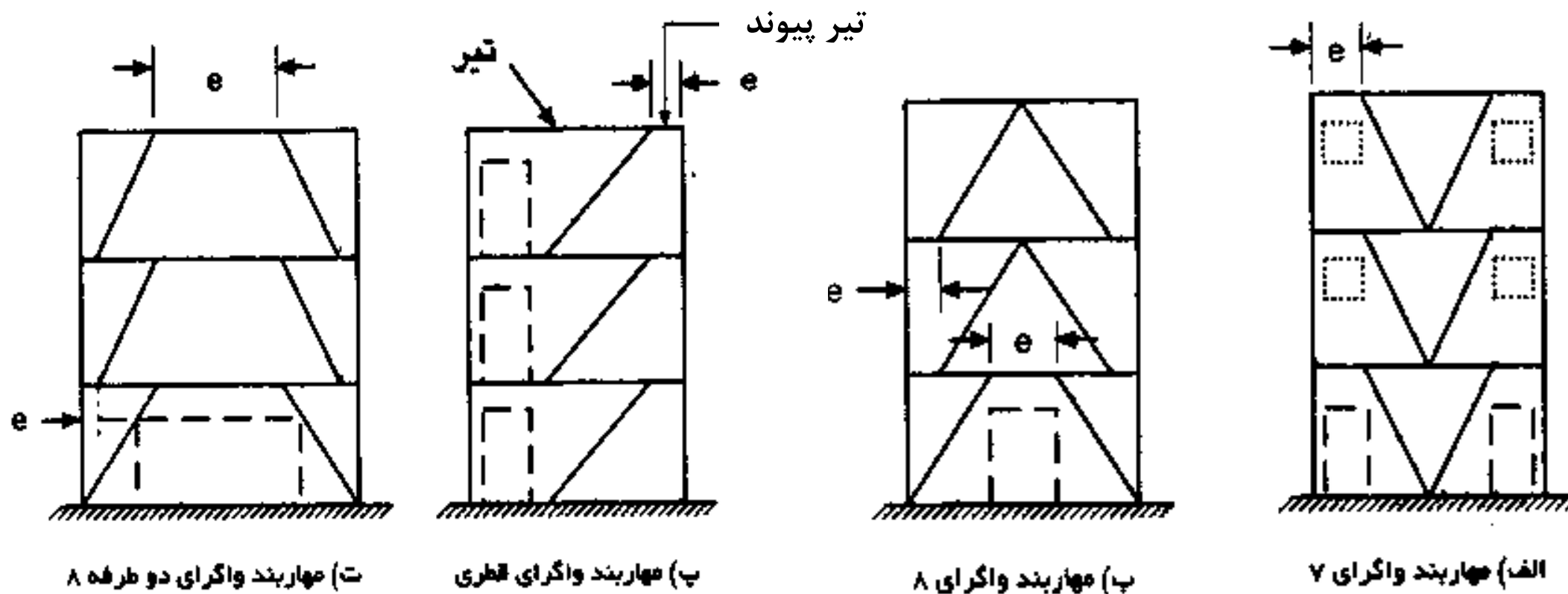
نمونه‌های قاب مهاربندی‌شده واگرا



نمونه‌های قاب مهاربندی شده واگرا

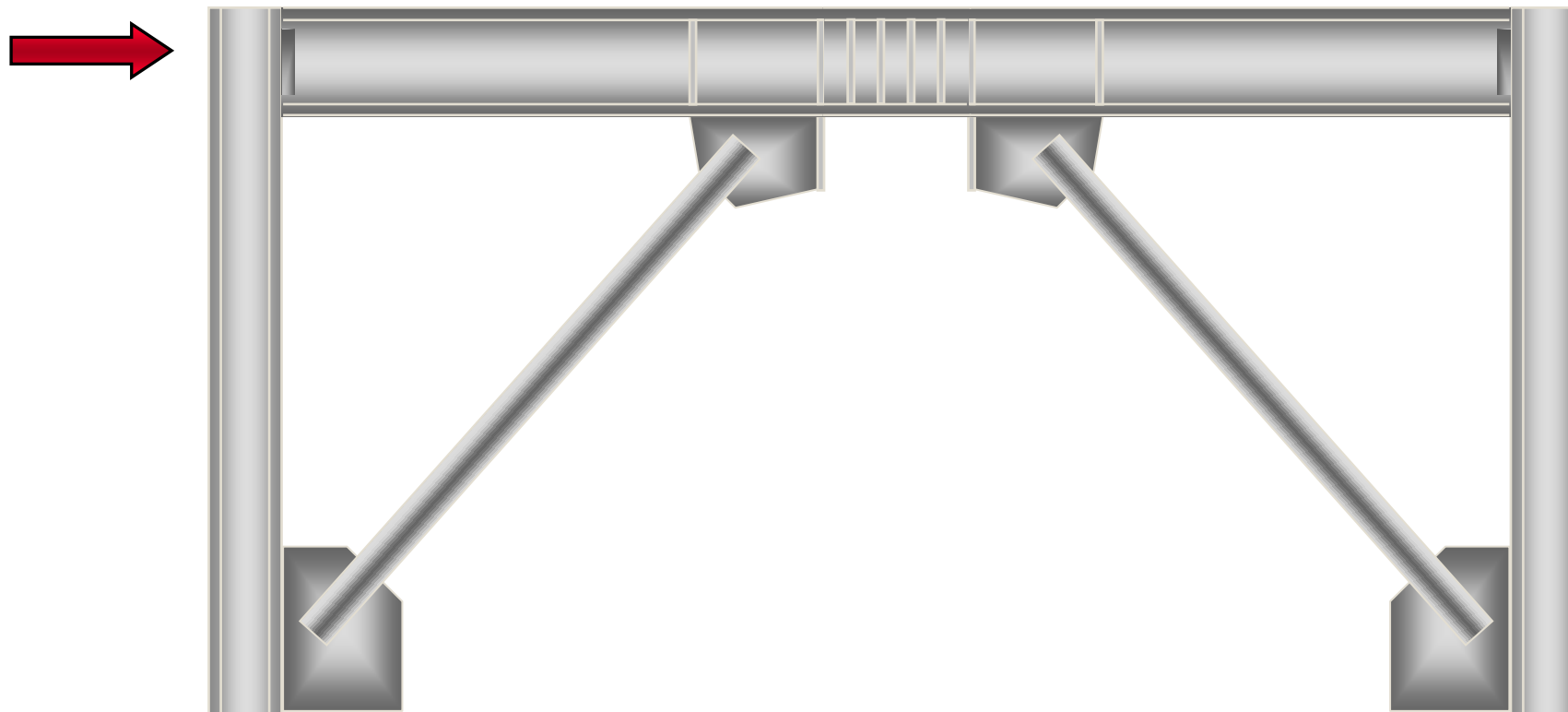


انواع مهاربند واگرا

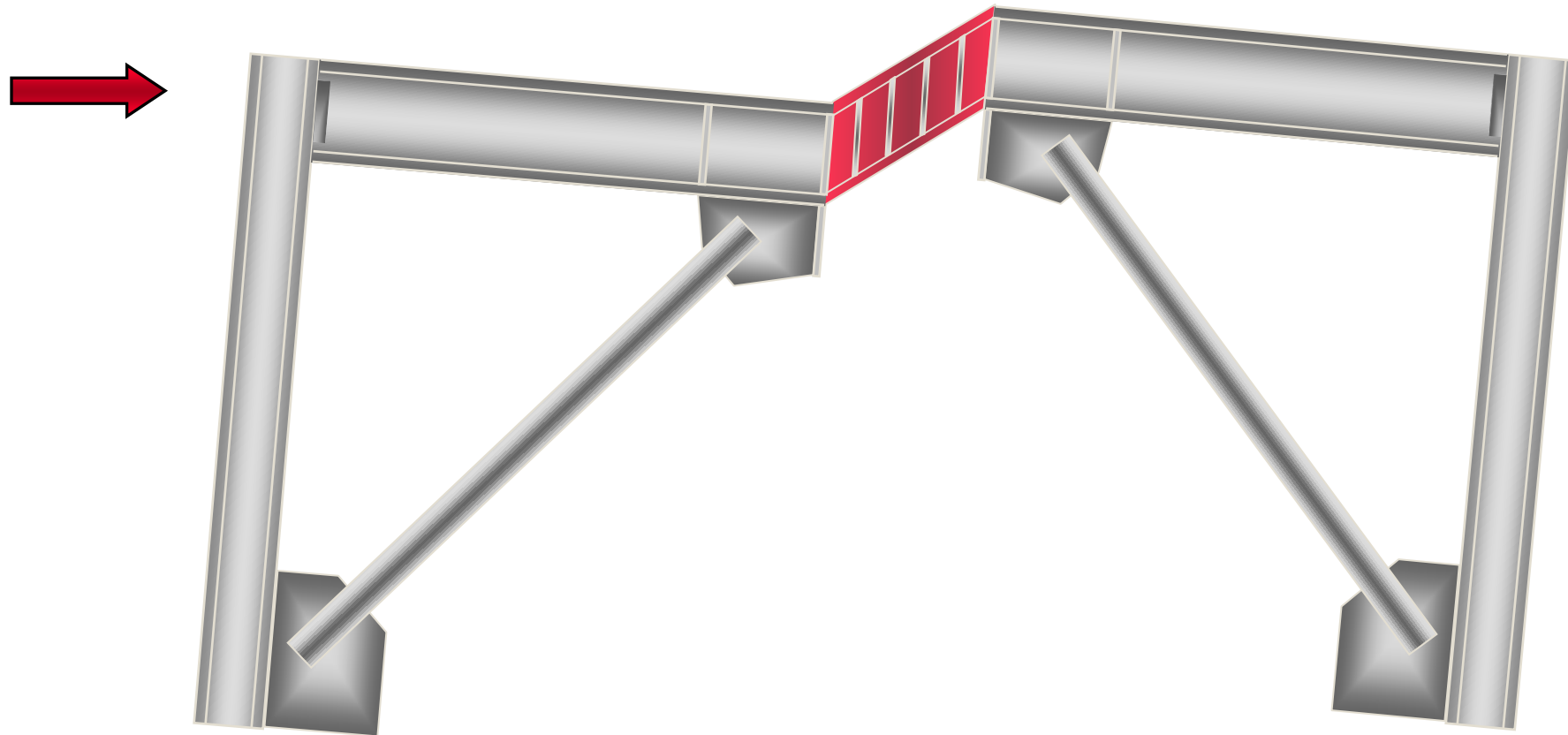


قاب مهاربندی واگرا (EBF) از نظر شکل پذیری، فقط دارای نوع ویژه است.

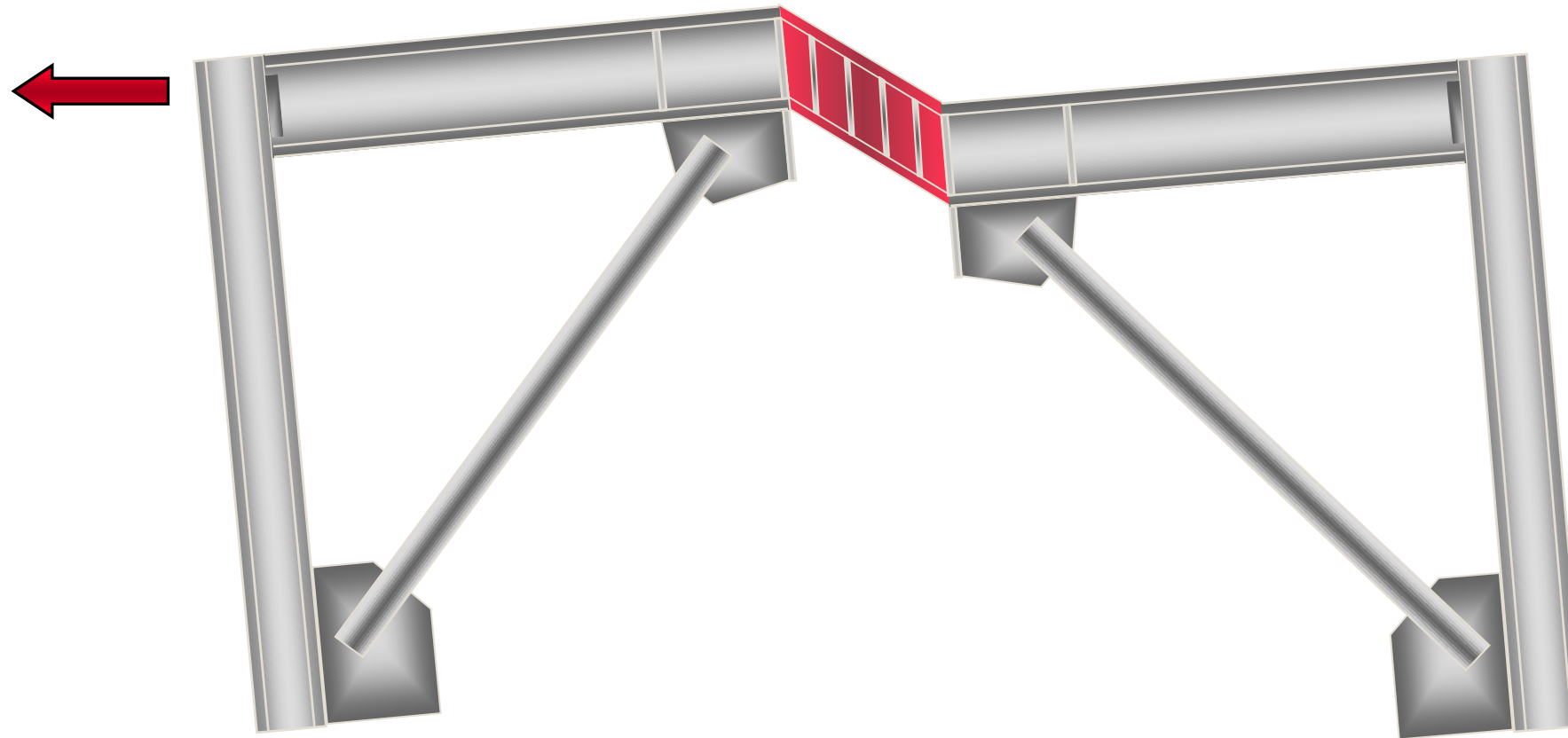
مکانیزم شکل‌پذیری مهاربند واگرا



مکانیزم شکل‌پذیری مهاربند واگرا

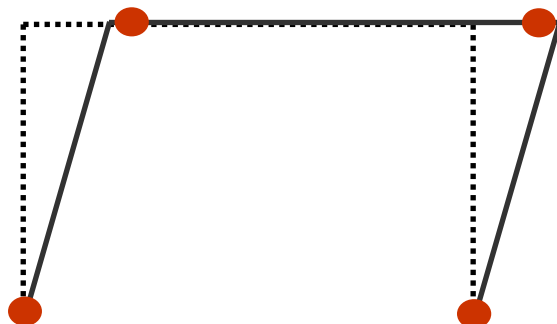


مکانیزم شکل‌پذیری مهاربند واگرا

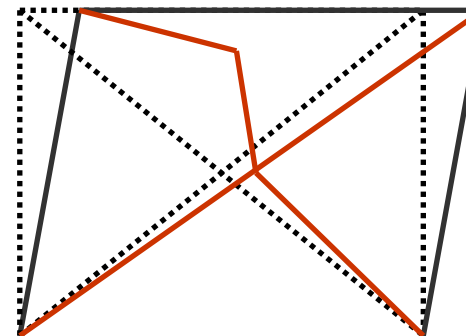




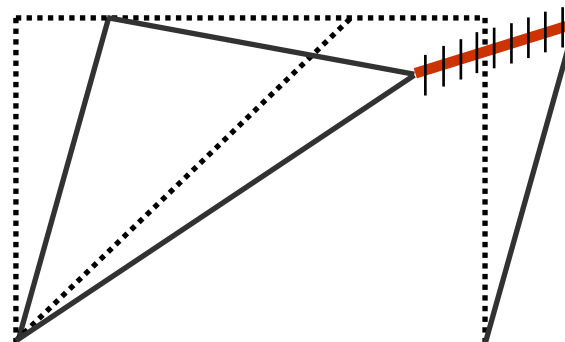
مقایسه مکانیزم اتلاف انرژی در سه سیستم باربر جانبی



MRF

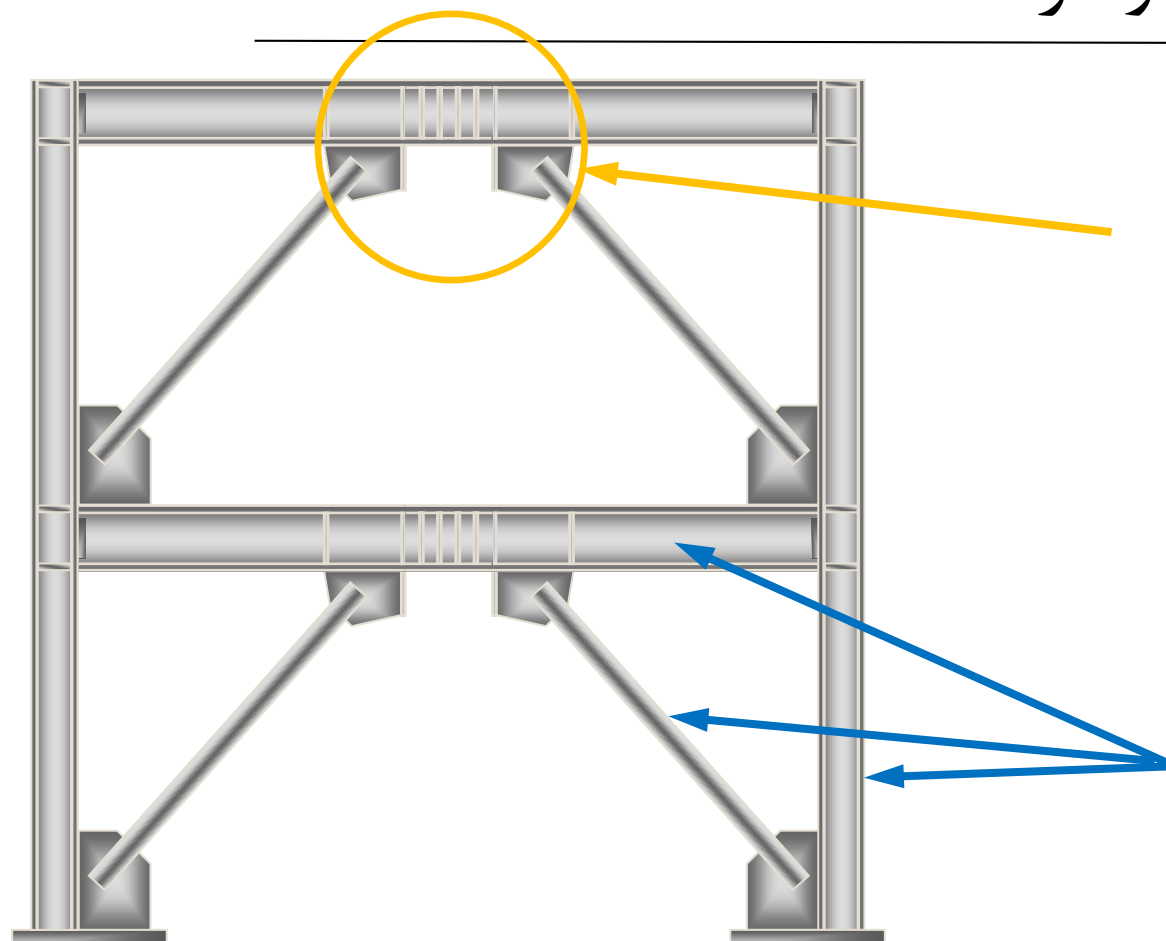


CBF



EBF

فلسفه طراحی شکل‌پذیر قاب مهاربندی واگرا



طراحی تیر پیوند (فیوز):

- براساس نیروهای حاصل از آیین نامه زلزله (استاندارد ۲۸۰۰)
- تعبیه سخت کننده ها و مهار جانبی برای تأمین شکل پذیری مورد نیاز

طراحی سایر اعضا:

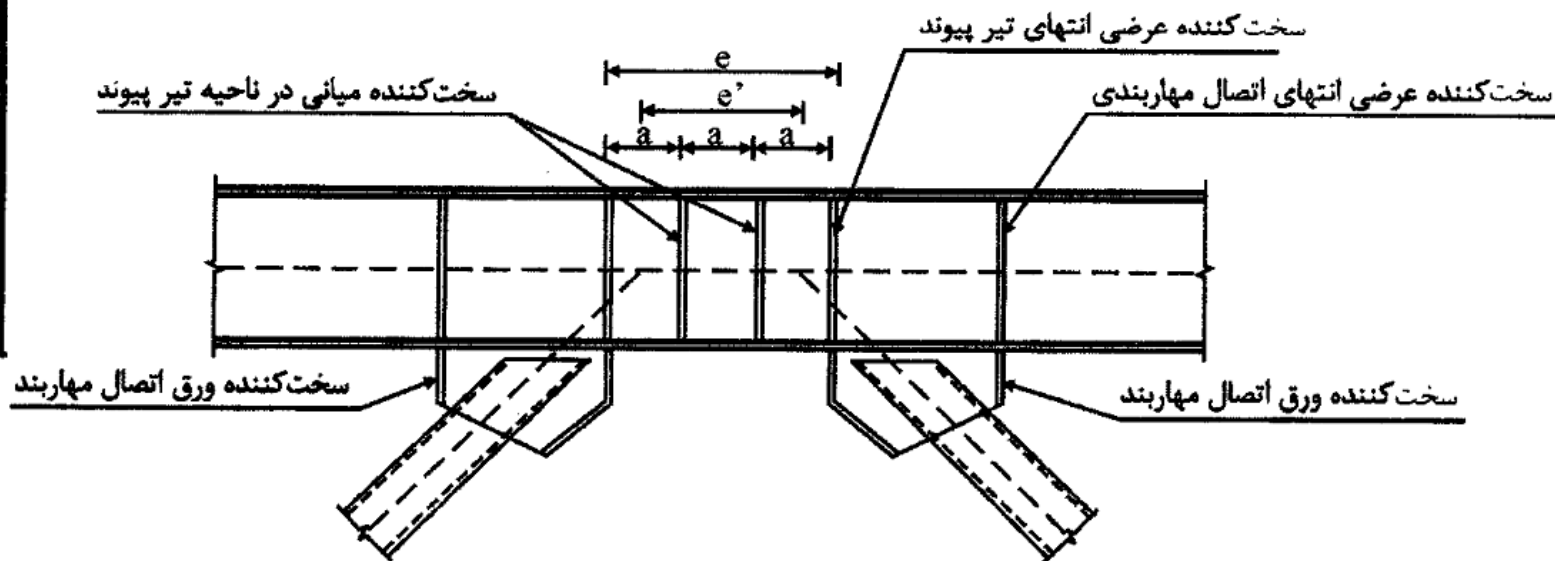
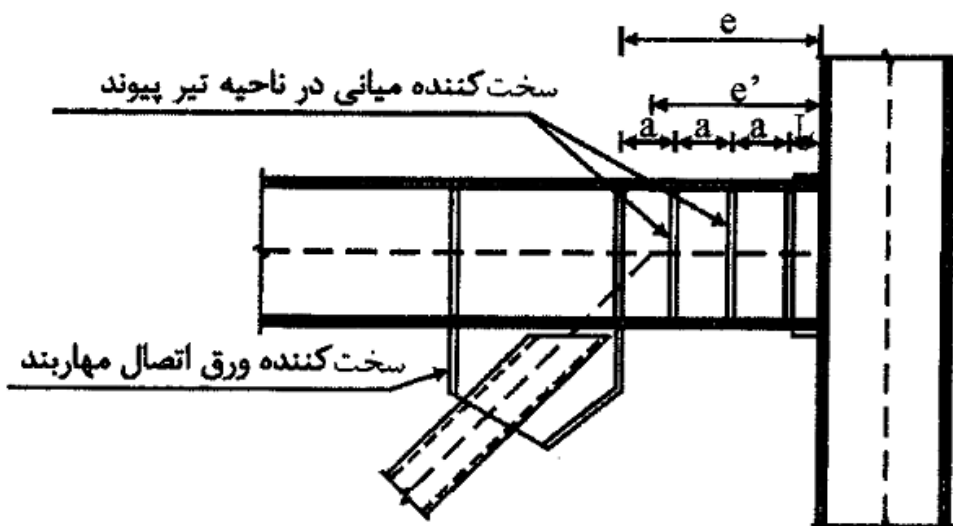
- طراحی سایر اعضا شامل مهاربندها، ستونها و تیرها در بیرون تیر پیوند و اتصالات براساس حداکثر نیروی تیر پیوند

تیر پیوند ضعیف تر از سایر اعضاست و رفتار غیرخطی فقط در تیر پیوند رقم می‌خورد.

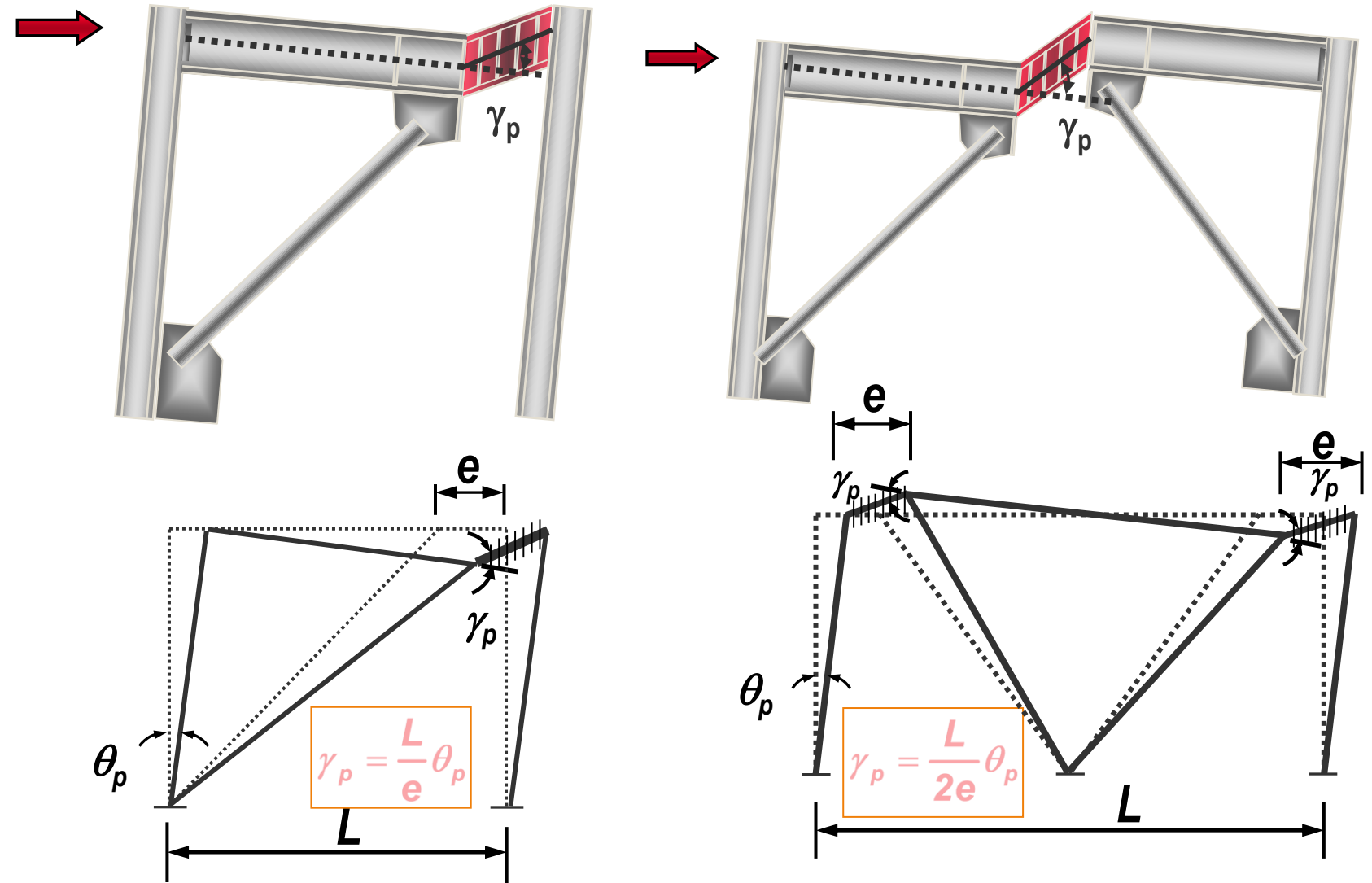


تیر پیوند (ناحیه حافظت شده)

ناحیه‌ای که بین نقاط تلاقی محورها دو عضو قطری مهاربندی روی تیر یا بین نقطه تلاقی محور عضو مهاربندی تا گره اتصال تیر به ستون قرار دارد



دوران تیر پیوند





الزامات شکل‌پذیری قاب مهاربندی واگرا

مقاطع تیرها، ستون‌ها و مهاربندی‌ها باید دارای شرایط زیر باشند.

(الف) مقطع تیر پیوند باید از نوع I شکل (نورد شده یا ساخته شده از ورق) یا از نوع قوطی شکل ساخته شده از ورق باشد.

(ب) جان (یا جان‌ها) باید از یک ورق تک بدون هر گونه ورق مضاعف در نظر گرفته شود و در آن هیچ گونه بازشویی نباید ایجاد شود.

(پ) در تیرهای پیوند ساخته شده از ورق، اتصال جان (یا جان‌ها) به بال تیر باید از نوع جوش گوشه دو طرفه یا جوش شیاری با نفوذ کامل باشد.

الزامات شکل‌پذیری قاب مهاربندی واگرا

- ت) تیرهای قوطی شکل ساخته‌شده از ورق باید دارای شرایط $I_y > 0.67 I_x$ باشد که در آن I_y ممان اینرسی مقطع تیر پیوند حول محور مرکزی در امتداد جان‌های مقطع و I_x ممان اینرسی مقطع تیر پیوند حول محور مرکزی عمود بر امتداد جان‌های مقطع می‌باشد.
- ث) تیرهای پیوند باید دارای مقطع از نوع فشرده لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{hd} مطابق مقادیر جدول ۱۰-۳-۴ باشند.

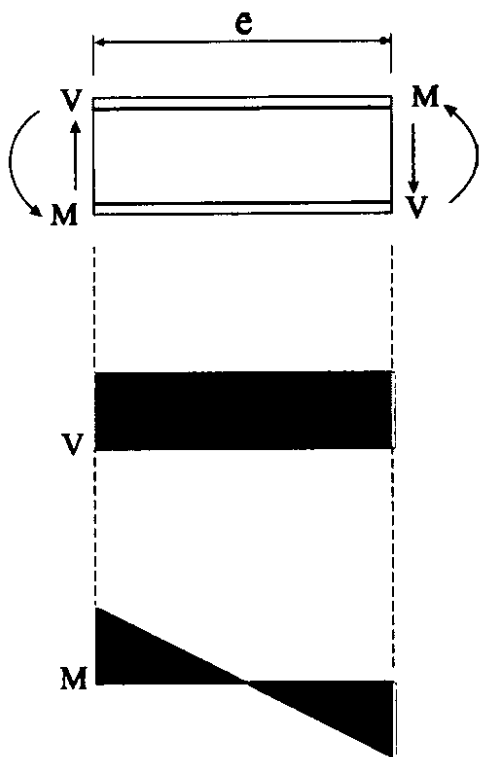
الزامات شکل‌پذیری قاب مهاربندی واگرا

ج) تیر (یا تیرهای) خارج از ناحیه پیوند، اگر دارای مقطع متفاوت با مقطع تیر پیوند باشند، باید دارای مقطع از نوع فشرده لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{md} مطابق مقادیر جدول ۴-۳-۱۰ باشند.

چ) مقاطع ستون‌های نظیر دهانه‌های مهاربندی باید از نوع فشرده لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{hd} مطابق مقادیر جدول ۴-۳-۱۰ و مقطع بقیه ستون‌ها باید از نوع فشرده باشند

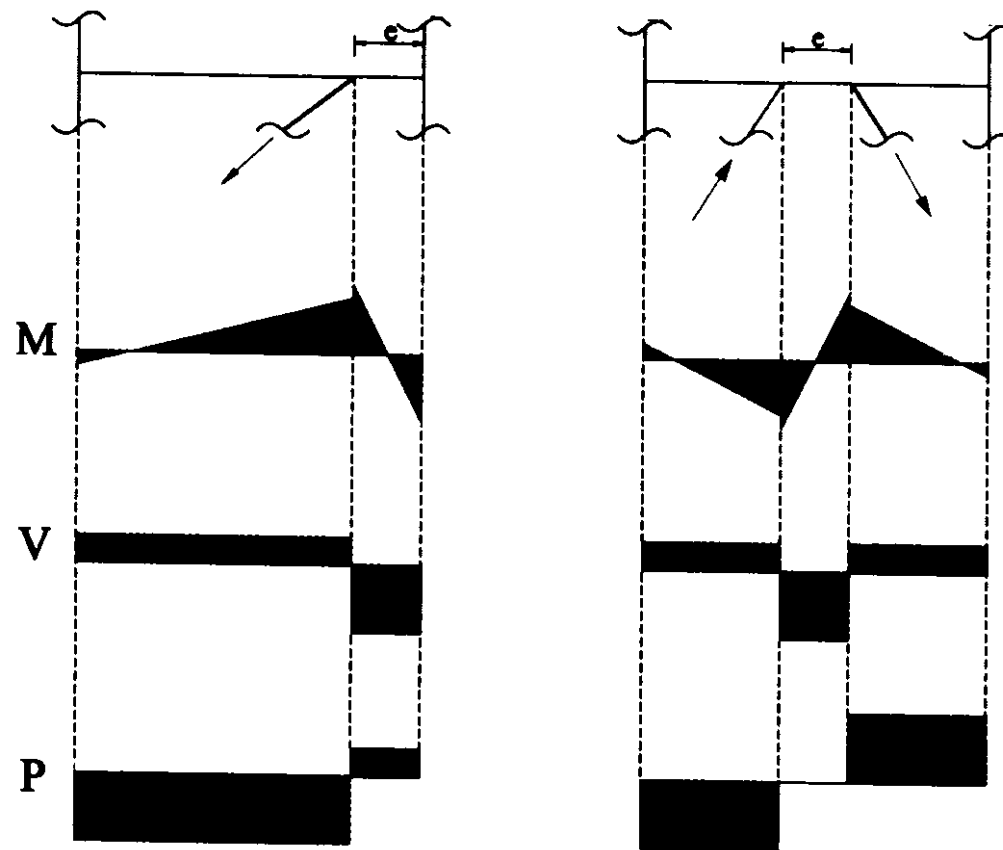
ح) مقاطع مهاربندی‌ها باید از نوع فشرده لرزه‌ای با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر λ_{md} مطابق مقادیر جدول ۴-۳-۱۰ باشند.

نیروهای داخلی تیر در دهانه با مهاربند واگرا



نمودار جسم آزاد تیر پیوند

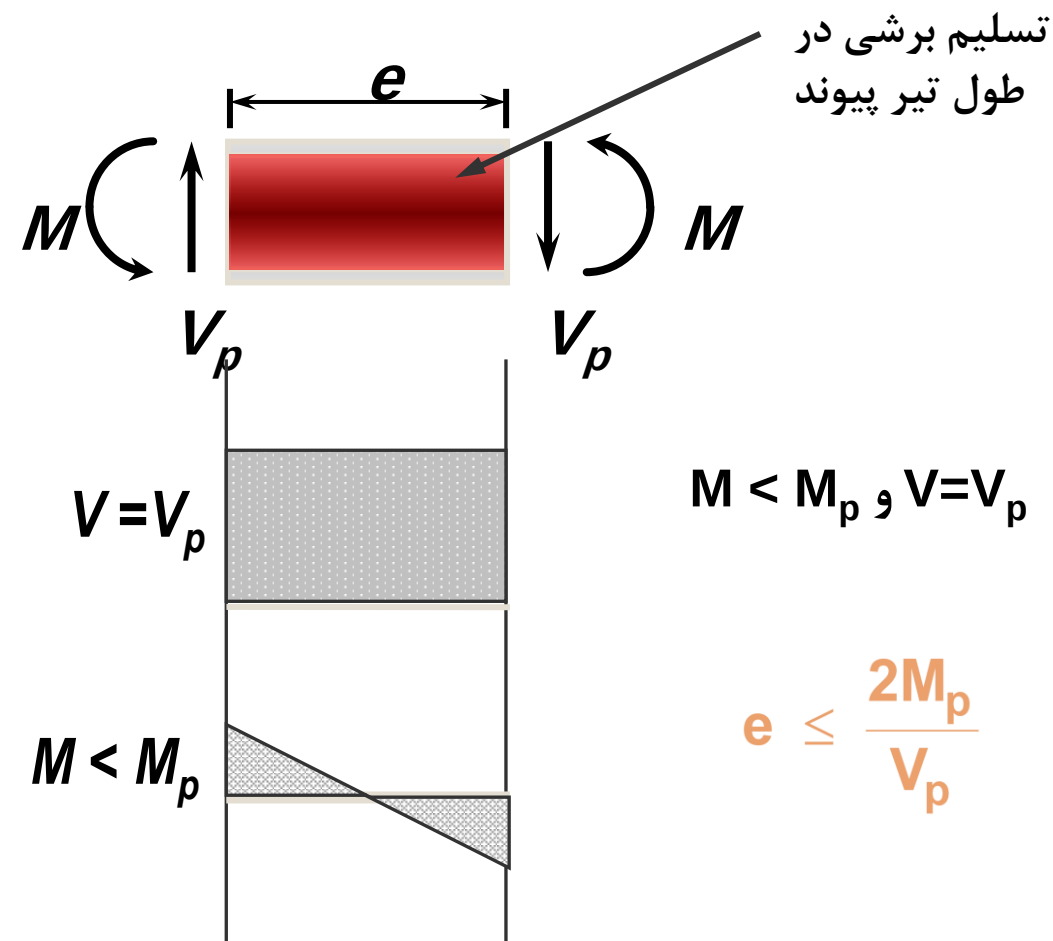
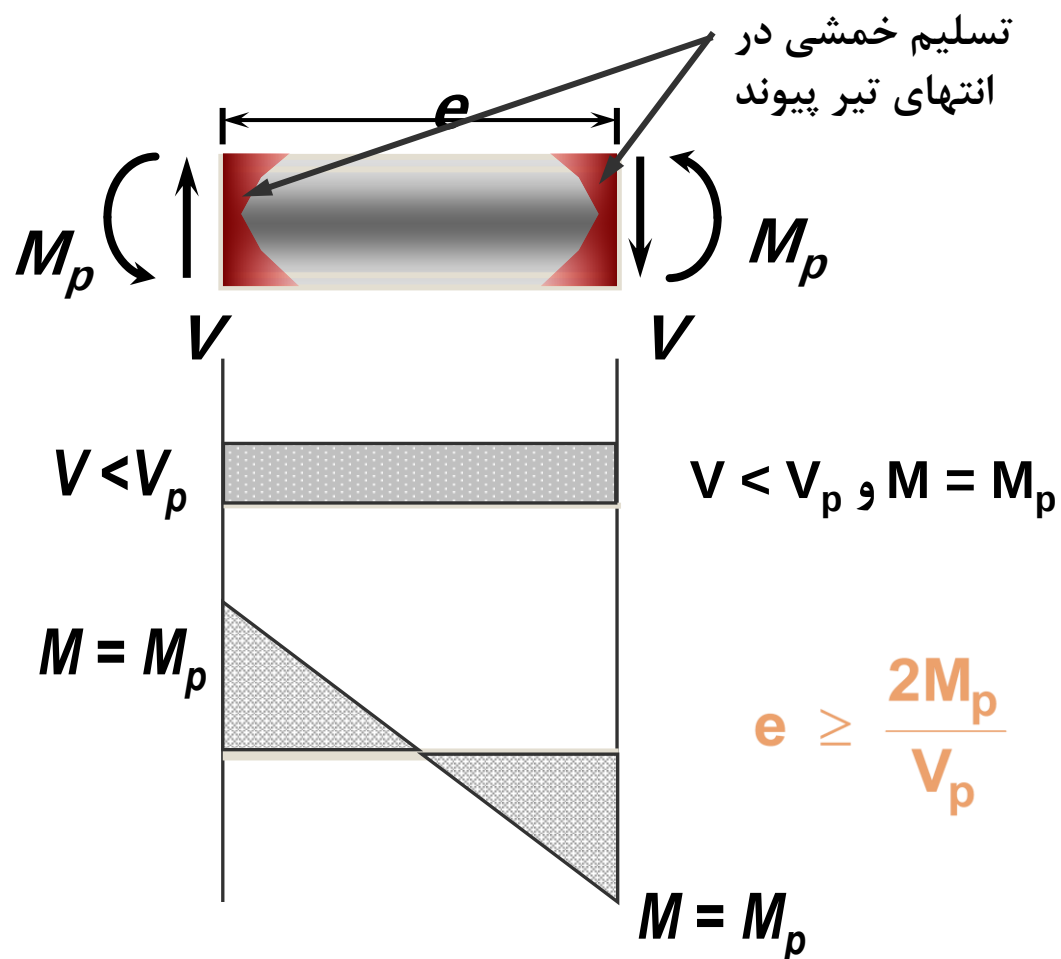
$$Ve = \sum M \Rightarrow e = \frac{\sum M}{V}$$



نمودارهای گشتاور خمشی، نیروی برشی و نیروی محوری
تیر ناشی از بار جانبی



تسلیم برشی یا تسلیم خمشی در تیر پیوند





رفتار برشی، خمشی و برشی-خمشی مطابق آیین نامه و ضریب رفتار

اگر $e \leq \frac{1}{6} \frac{M_p}{V_p}$ باشد ← رفتار برشی در تیر پیوند و ضریب رفتار برابر با ۷

اگر $\frac{1}{6} \frac{M_p}{V_p} \leq e \leq \frac{2}{6} \frac{M_p}{V_p}$ باشد ← رفتار برشی-خمشی در تیر پیوند و ضریب رفتار برابر با ۶

اگر $e \geq \frac{2}{6} \frac{M_p}{V_p}$ باشد ← رفتار خمشی در تیر پیوند و ضریب رفتار برابر با ۶

مقاومت برشی تیر پیوند

مقاومت برشی طراحی تیر پیوند (ϕV_n) ناشی از تسلیم برشی یا تسلیم خمشی (هر کدام کمتر است) باید از نیروی برشی مورد نیاز تیر پیوند که براساس تحلیل سازه تحت ترکیب بار متعارف تعیین می‌شود، بیشتر باشد.

$$V_n = V_p \quad V_p = \begin{cases} 0.6 F_y A_{lw} & P_u / P_c \leq 0.15 \\ 0.6 F_y A_{lw} \sqrt{1 - \left(\frac{P_u}{P_c} \right)^2} & P_u / P_c > 0.15 \end{cases}$$

تسلیم برشی:

$$V_n = \frac{r M_p}{e} \quad M_p = \begin{cases} F_y Z & P_u / P_c \leq 0.15 \\ F_y Z \left(\frac{1 - P_u / P_c}{0.85} \right) & P_u / P_c > 0.15 \end{cases}$$

تسلیم خمشی:

P_u = مقاومت محوری مورد نیاز تیر پیوند بر اساس ترکیبات بار متعارف

$$(\phi = 0.9)$$

A_{lw} = مساحت جان مقطع تیر پیوند

P_c = مقاومت تسلیم محوری تیر پیوند برابر $F_y A_g$

محدودیت طول تیر پیوند

تیرهای پیوندی که دارای شرایط $P_u / P_c > 0.15$ هستند، باید محدودیت زیر را برآورده نمایند.

الف) در صورتی که $\rho' \leq 0.5$ باشد:

$$e \leq \frac{1/6 M_p}{V_p}$$

ب) در صورتی که $\rho' > 0.5$ باشد:

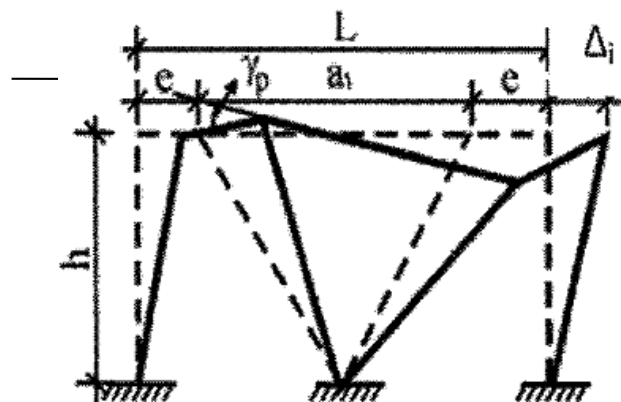
$$e \leq \frac{1/6 M_p}{V_p} (1/15 - 0.3 \rho')$$

$$\rho' = \frac{P_u / P_c}{V_u / V_c}$$

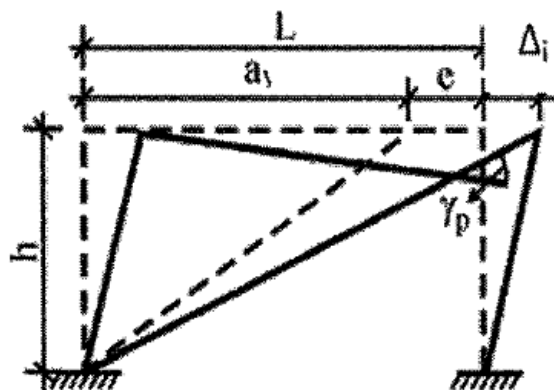
V_u = مقاومت برشی مورد نیاز تیر پیوند بر اساس ترکیبات بار متعارف

V_c = مقاومت تسلیم برشی تیر پیوند برابر $0.6 F_y A_{lw}$

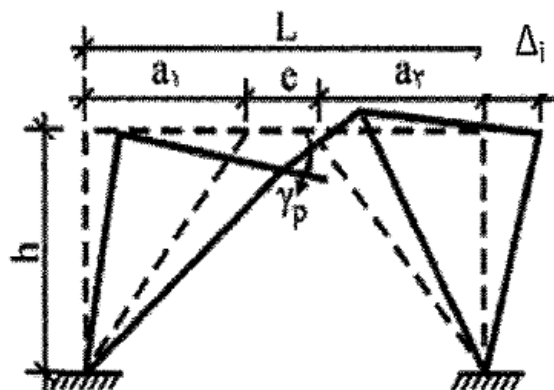
حداکثر دوران تیر پیوند



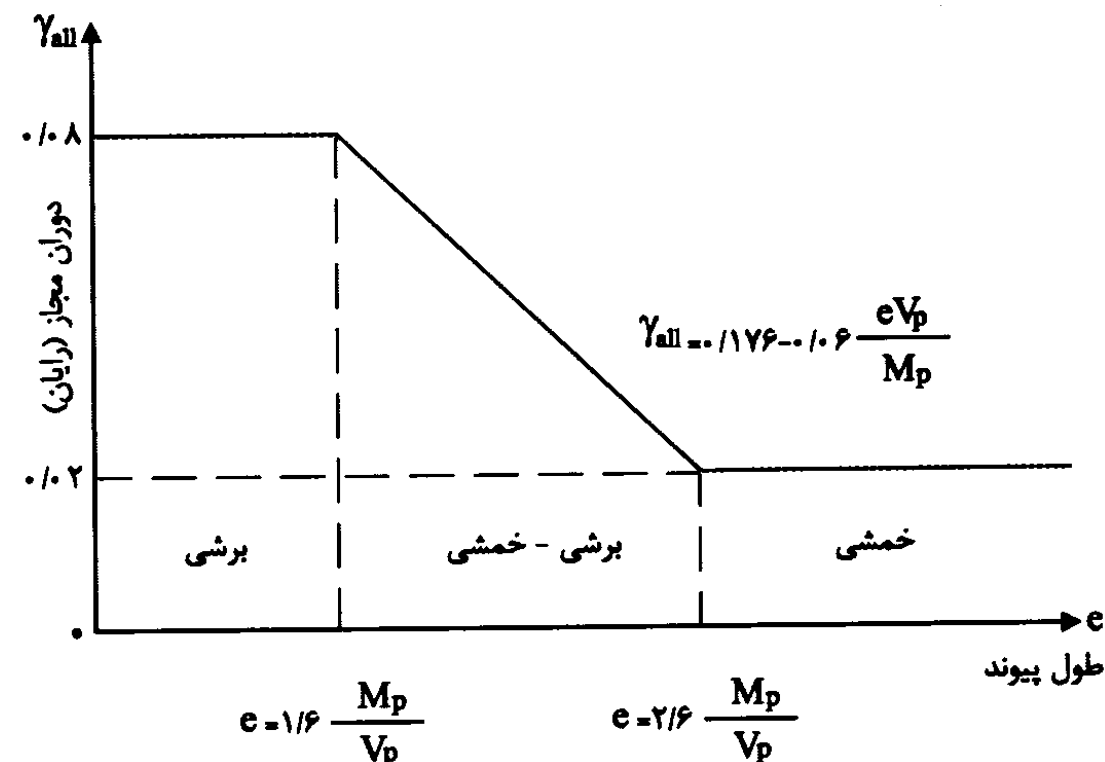
$$\gamma_p = \left(\frac{L}{e h} \right) \Delta_i$$



$$\gamma_p = \left(\frac{L}{e h} \right) \Delta_i$$



$$\gamma_p = \left(\frac{L}{e h} \right) \Delta_i$$



دوران غیرالاستیک تیر پیوند نسبت به ناحیه خارج از آن (γ_p)

الزامات لرزه‌ای ستون‌ها

ستون‌ها در قاب مهاربند واگرا باید قادر به تحمل:

نیروهای داخلی ناشی از مقاومت برشی مورد انتظار
تیرهای پیوند ($1.25R_y V_n$) در ترکیب با بارهای ثقیلی
(با ضرایب مربوط به ترکیب بارهای لرزه‌ای) باشند.

برای ستون‌هایی که از مقاومت برشی تیر پیوند در سه طبقه یا بیشتر
نیرو می‌گیرند، مقاومت برشی را می‌توان در ضریب 0.88 ضرب کرد.

(بند ۱۰-۳-۱۲-۶ مبحث دهم)

