



طراحی سازه‌های فولادی ۲

مدرس: دکتر شهاب‌الدین حاتمی

طراحی لرزه‌ای قاب‌های خمشی و اتصالات گیردار

نمونه اتصال گیردار



نمونه اتصال گیردار



<https://sabzsaze.com/>

نمونه قاب خمشی



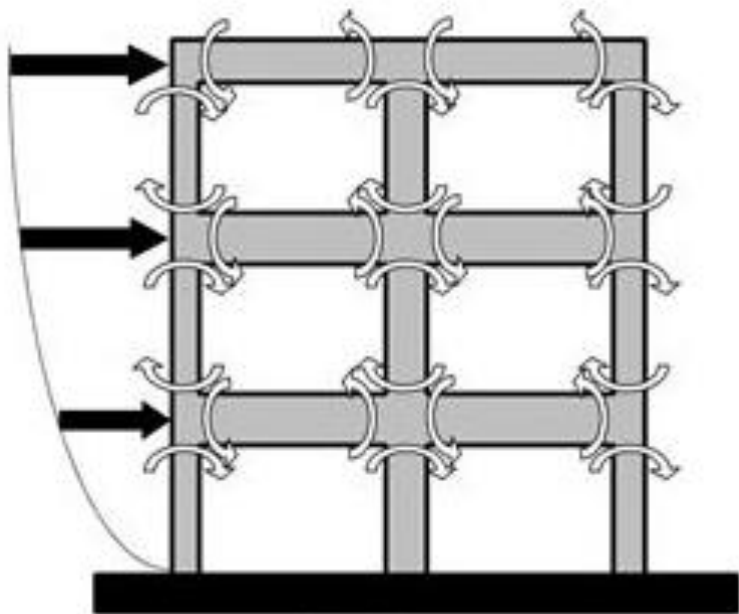
مزایای قاب خمشی

از نظر معماری:

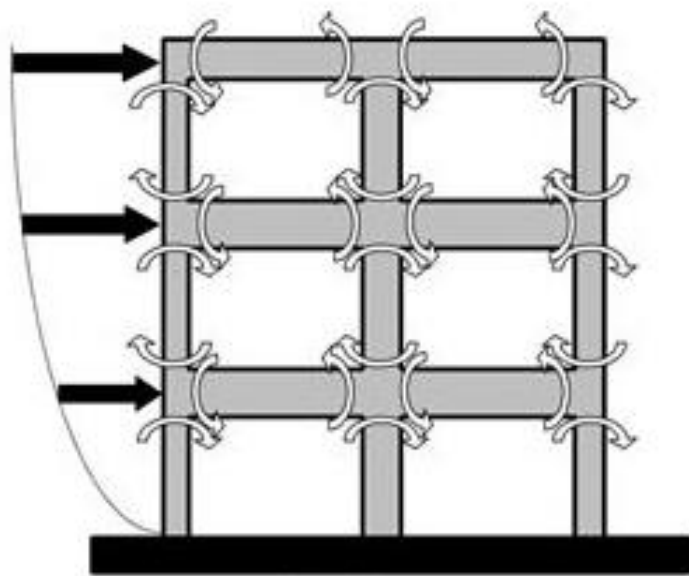
- امکان تعبیه بازشو در دهانه‌های قاب خمشی

از نظر سازه‌ای:

- شکل‌پذیری مناسب در انواع متوسط و ویژه
- نامعینی زیاد
- مشارکت گسترده اعضا در باربری جانبی
- توزیع مناسب نیروها در پی‌ها و کاهش بلندشدگی
- حساسیت کم به نحوه عملکرد دیافراگم‌های کف



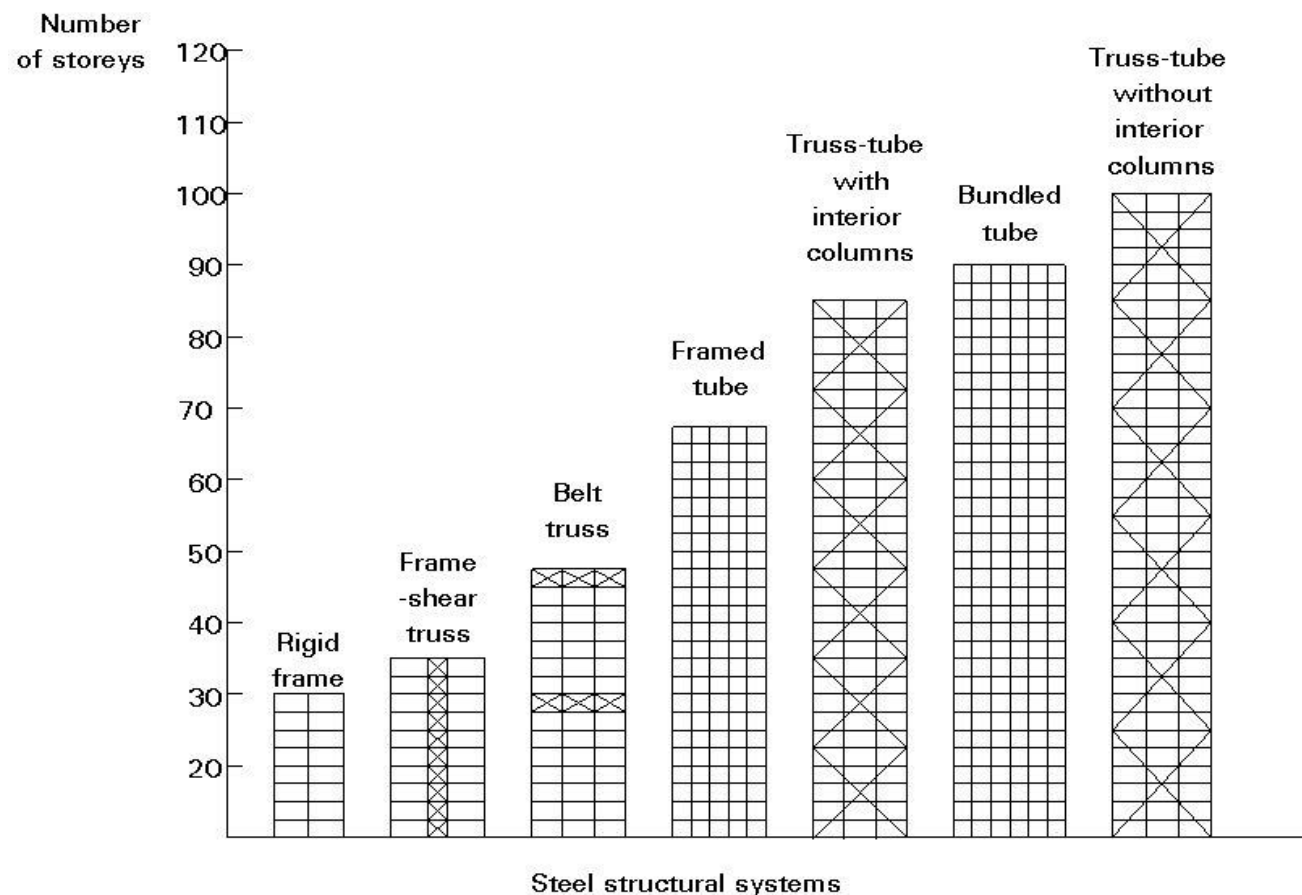
ملاحظات قاب خمشی



از نظر سازه‌ای:

- ظرفیت باربری الاستیک محدود
- سختی کم و نرمی زیاد سازه در مقایسه با قاب مهاربندی
- اثرات قابل توجه $P-\Delta$
- لزوم توجه به جزئیات اتصالات و رفتار آنها
- اجرای نسبتاً دشوار اتصالات
- حاکم شدن کنترل تغییرمکان جانبی در طراحی سازه‌های میان‌مرتبه و بلندمرتبه

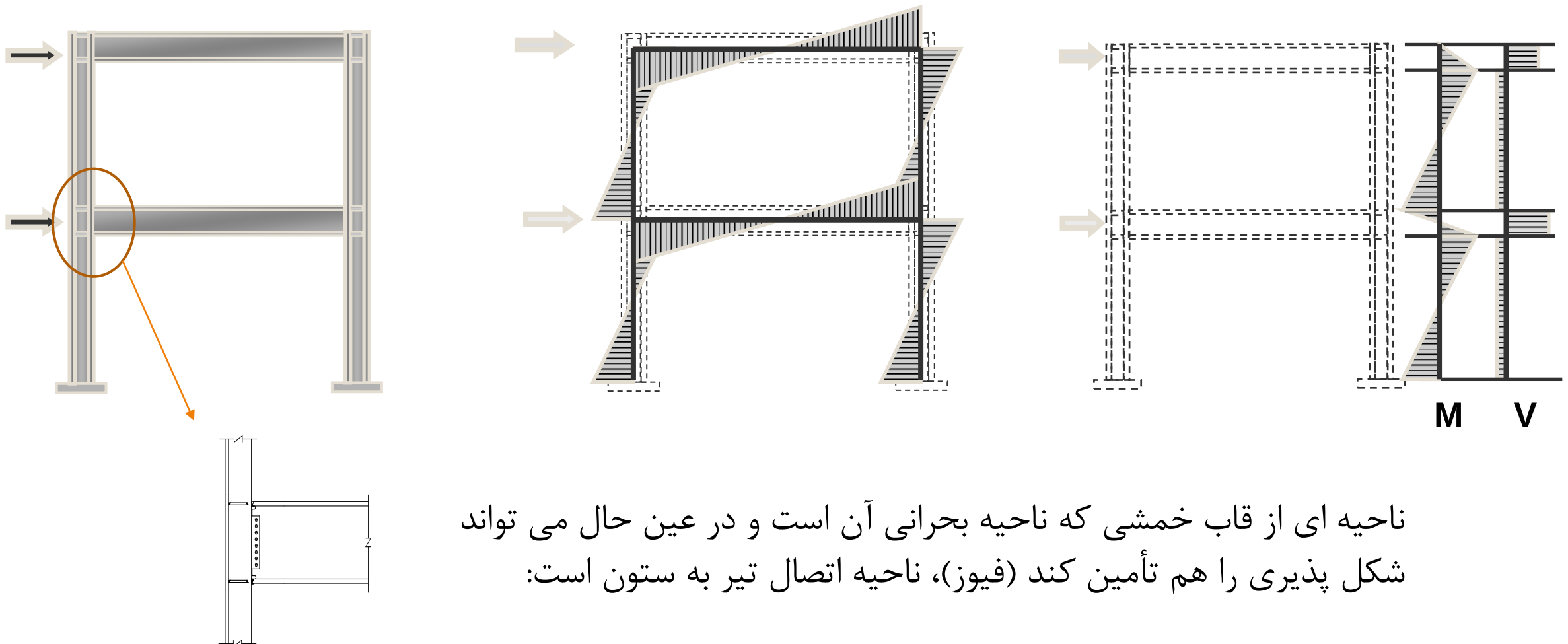
کاربرد قاب خمشی در سازه‌های بلند مرتبه



Steel structural systems and the number of storeys

- برای ارتفاع بیش از ۵۰ متر، قاب خمشی باید از نوع ویژه باشد.
- برای ساختمان‌های بلند بیش از ۷۵ متر معمولاً استفاده از قاب خمشی به تنهایی غیراقتصادی است و باید از سیستم‌های دوگانه استفاده کرد.
- در آسمان‌خراش‌ها معمولاً از مقاطع مرکب فولاد و بتن استفاده می‌شود.

عملکرد قاب خمشی در برابر بارهای جانبی





انواع قاب های خمشی از لحاظ شکل پذیری

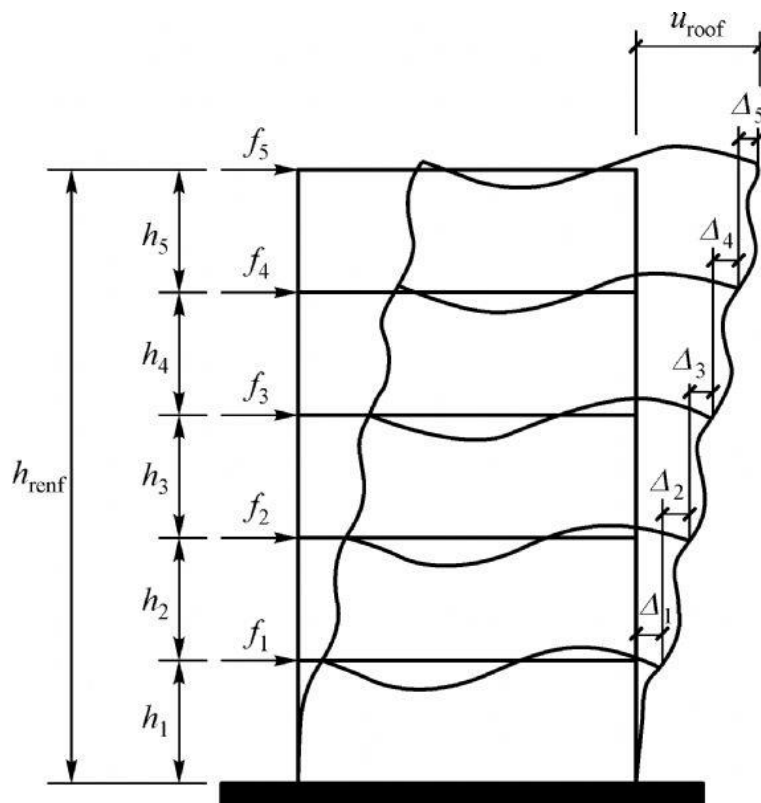
قاب خمشی ویژه (SMF): دارای شکل پذیری زیاد و $R_u = 7.5$

قاب خمشی متوسط (IMF): دارای شکل پذیری متوسط و $R_u = 5$

قاب خمشی معمولی (OMF): دارای شکل پذیری کم و $R_u = 3.5$

حدود شکل‌پذیری

دوران نظیر تغییرمکان نسبی طبقه: $\theta_i = \Delta_i / h_i$



(الف) حد شکل‌پذیری زیاد

در این حد شکل‌پذیری دوران نظیر تغییرمکان نسبی طبقه زیاد بوده و بخش قابل ملاحظه‌ای از آن فرا ارتجاعی است. در قاب‌های خمشی ویژه مشمول این رده، میزان دوران به حدی است که دوران نظیر تغییرمکان نسبی طبقه در آن به 0.04 رادیان برسد که حدوداً 0.03 رادیان آن فرا ارتجاعی باشد.

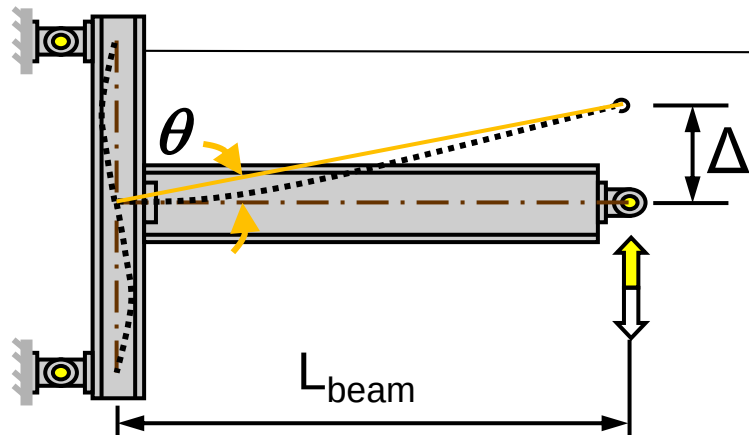
(ب) حد شکل‌پذیری متوسط

در این حد شکل‌پذیری دوران نظیر تغییرمکان نسبی طبقه متوسط می‌باشد، به طوری که در قاب‌های خمشی میزان دوران تغییرمکان نسبی طبقه حداقل به 0.02 رادیان محدود می‌شود که دوران فرا ارتجاعی آن حدود 0.01 رادیان می‌باشد.

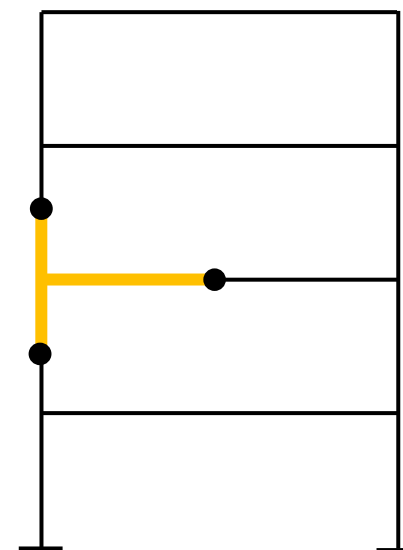
(پ) حد شکل‌پذیری کم

در این حد شکل‌پذیری، دوران نظیر تغییرمکان نسبی طبقه کم می‌باشد و سازه عملاً تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی ندارد. به این علت در این نوع سازه‌ها ضوابط خاص طراحی برای زلزله محدود است.

اندازه‌گیری آزمایشگاهی دوران نسبی طبقه



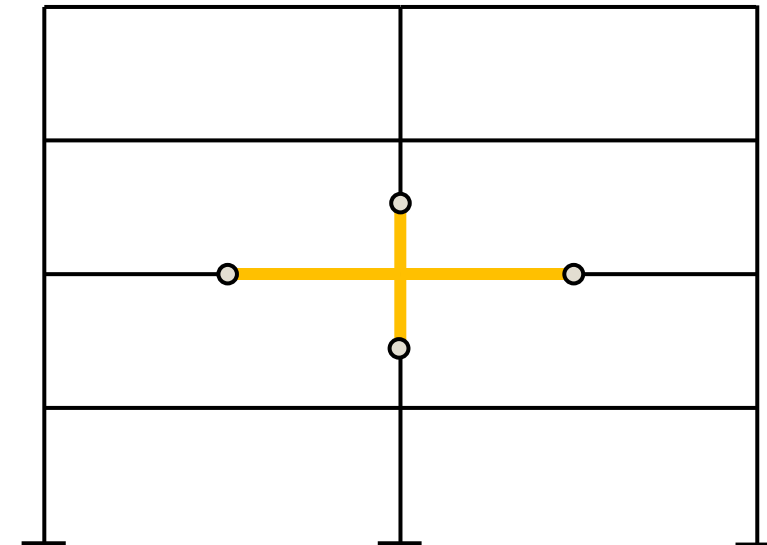
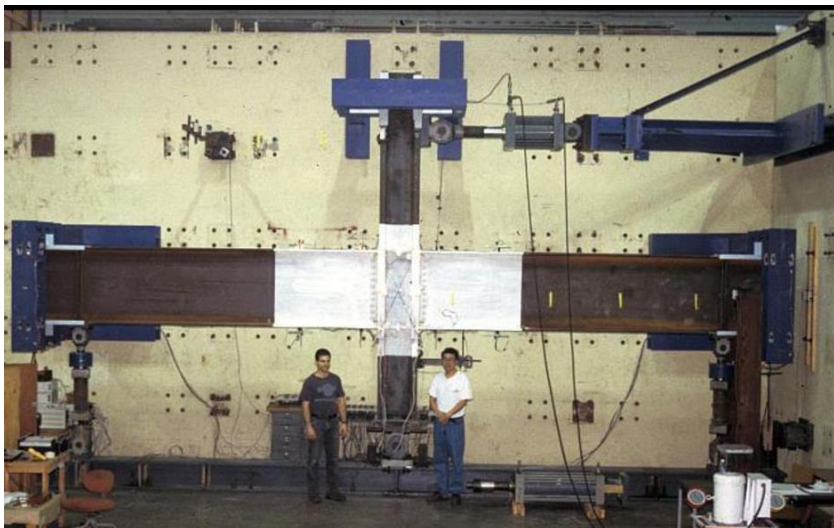
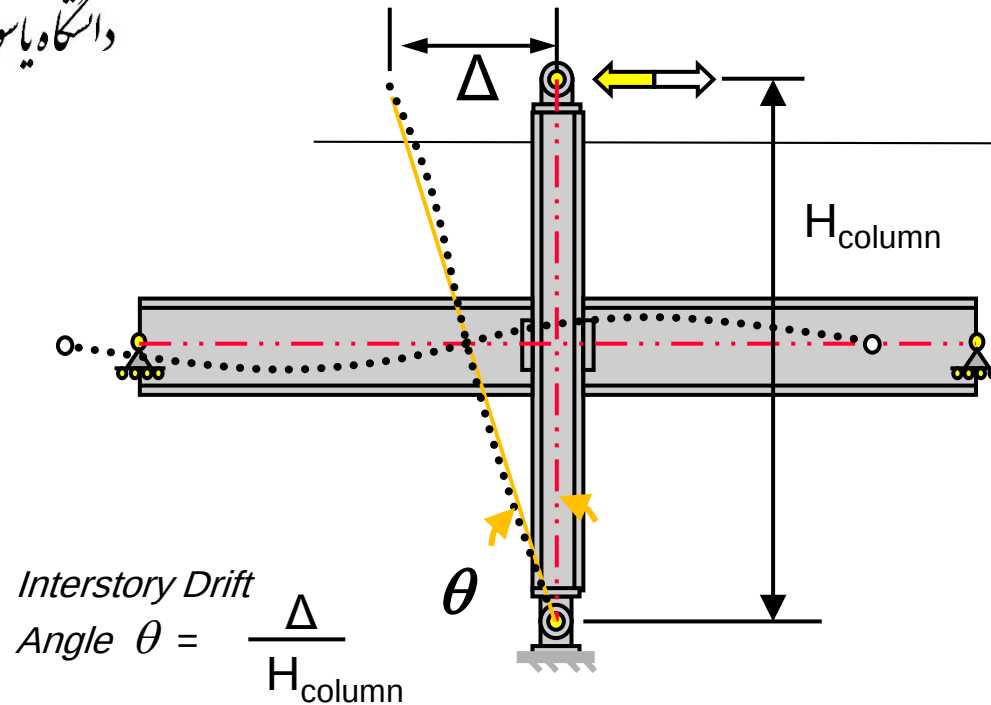
$$\text{Interstory Drift Angle } \theta = \frac{\Delta}{L_{\text{beam}}}$$



Exterior Subassembly

12

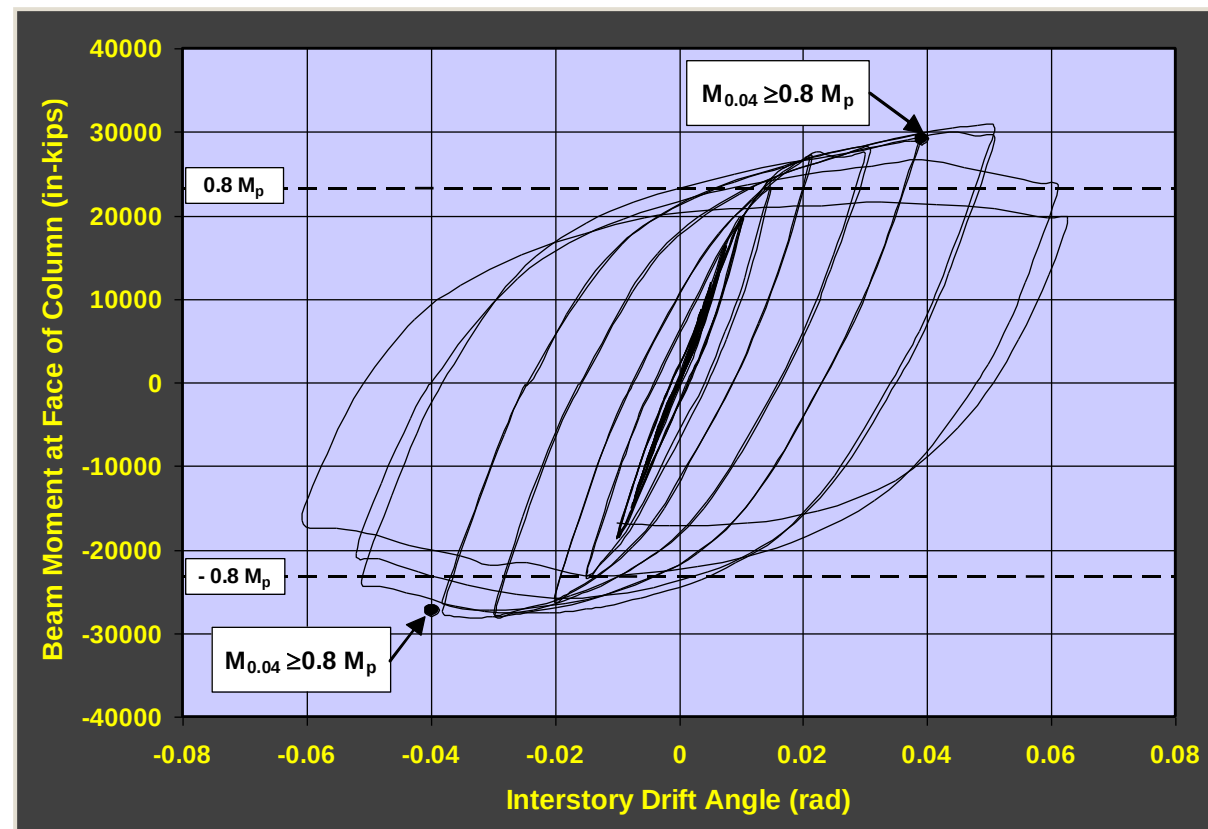
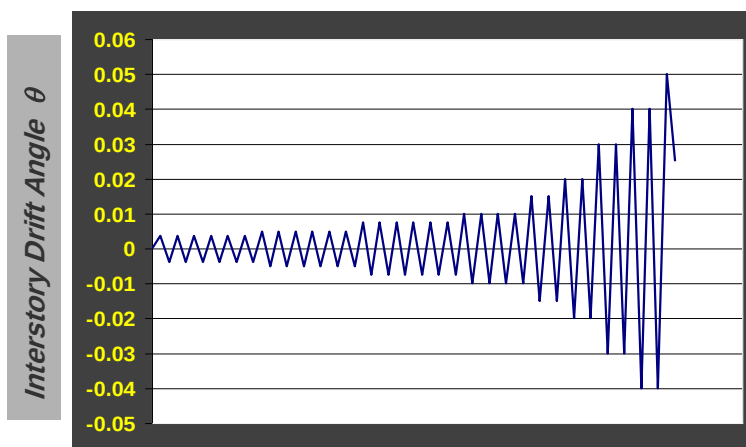
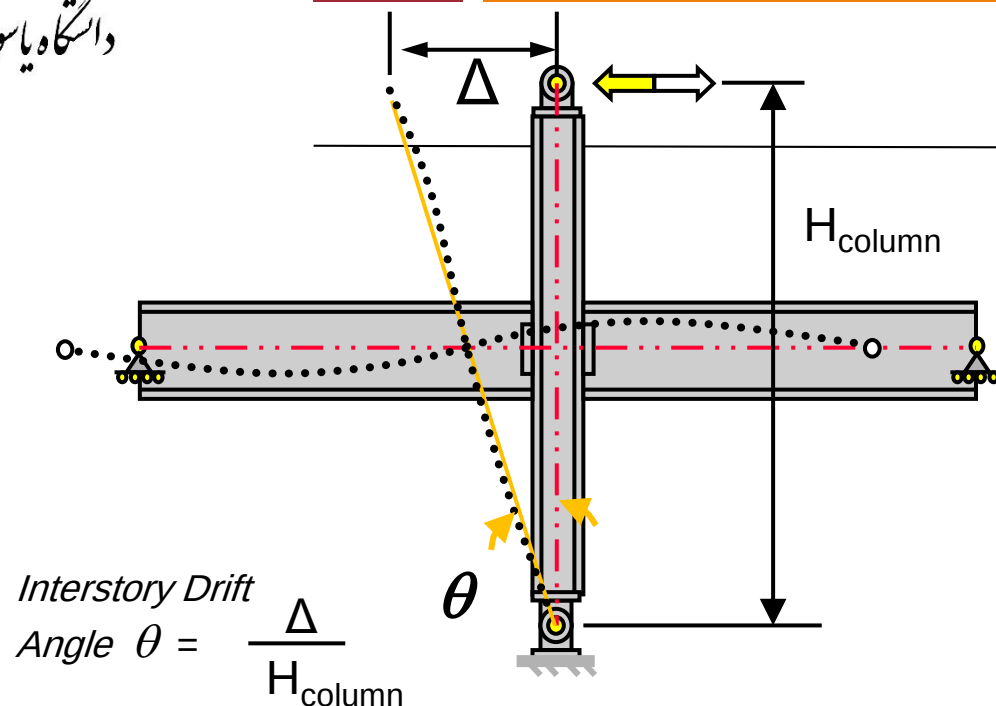
اندازه گیری آزمایشگاهی دوران نسبی طبقه



Interior Subassembly

13

نتایج آزمایشگاهی رفتار شکل پذیر قاب



محدودیت‌های قاب خمشی معمولی

استفاده از این سیستم برای ساختمان‌های «با اهمیت خیلی زیاد و زیاد» در تمام مناطق لرزه‌خیزی و برای ساختمان‌های «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه‌خیزی ۱ و ۲ مجاز نیست. ارتفاع حداکثر این سیستم برای ساختمان‌های «با اهمیت متوسط» در مناطق لرزه‌خیزی ۳ و ۴ به ۱۵ متر محدود می‌گردد. (بند ۳-۳-۵-۱ آیین نامه ۲۸۰۰)

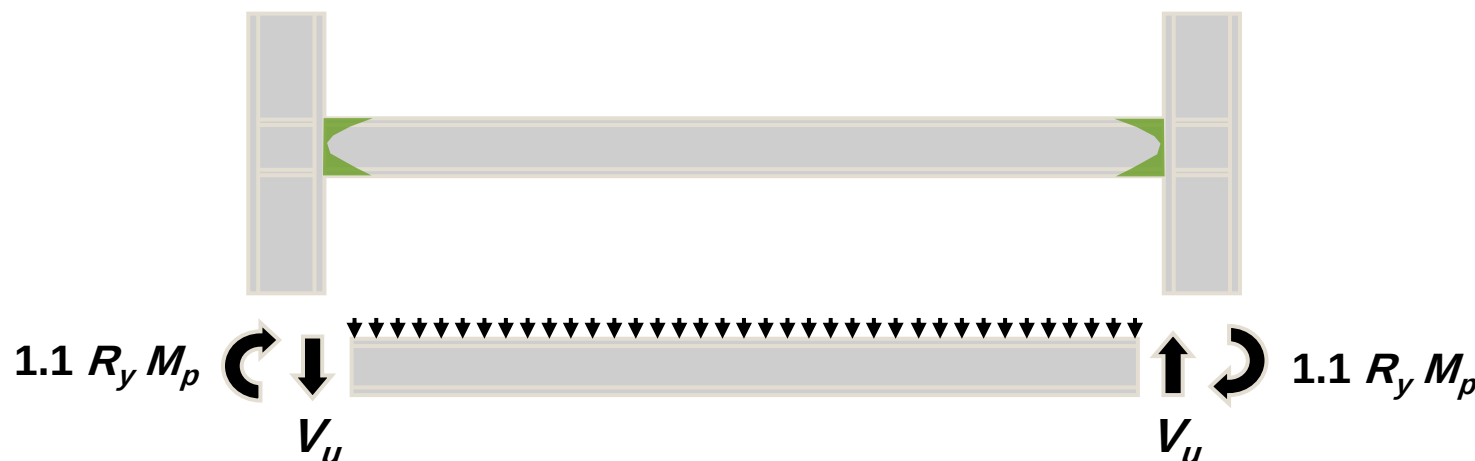


قاب خمشی معمولی: نیروهای طراحی اتصال تیر به ستون

۱- در طراحی اتصالات تیر به ستون در این نوع قاب خمشی می‌توان محل تشکیل مفصل پلاستیک را در محل اتصال تیر به ستون در نظر گرفت.

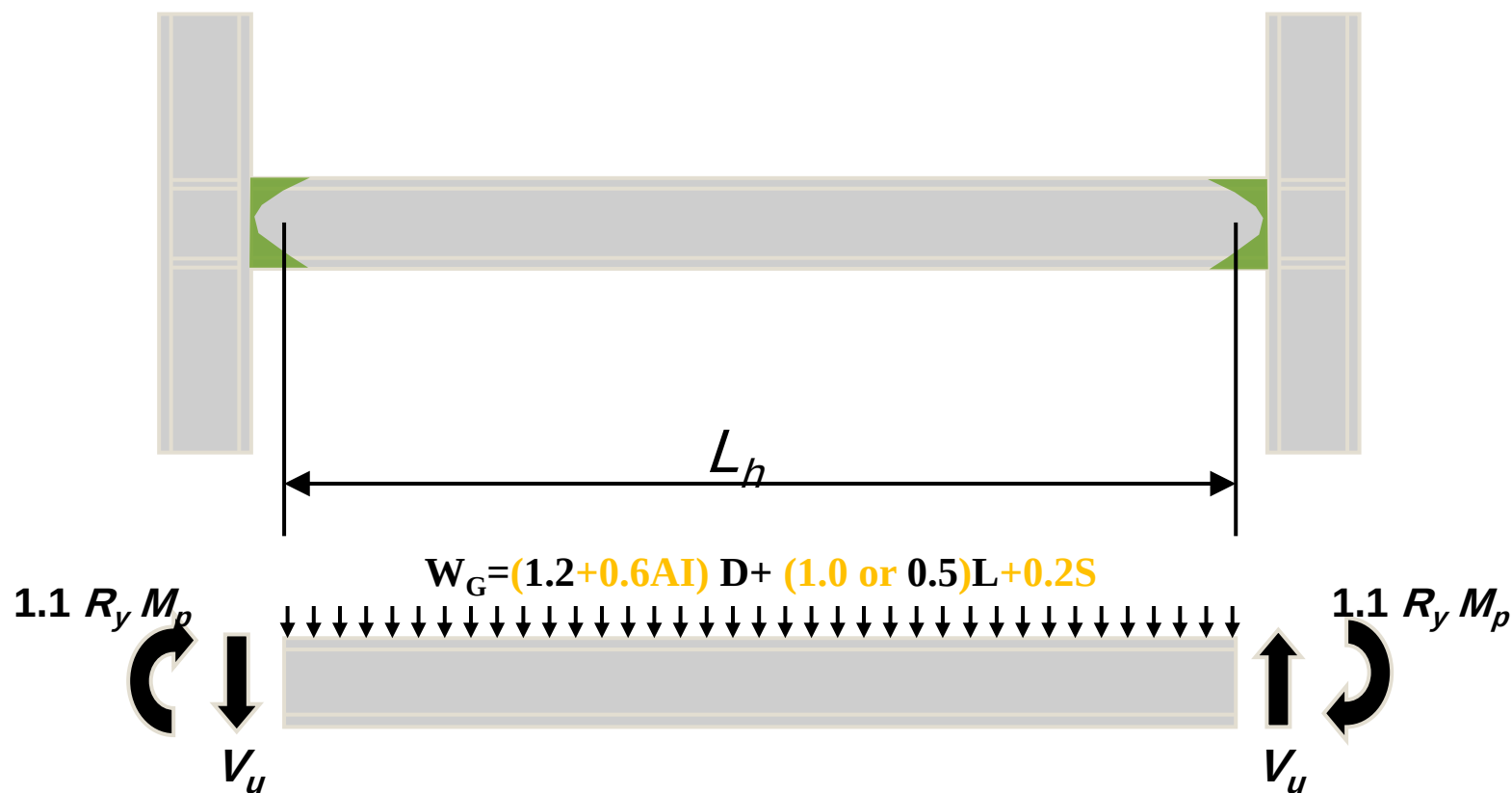
۲- M_{uc} مقاومت خمشی موردنیاز اتصال تیر به ستون از رابطه‌ی $M_{uc} = 1/1 R_y M_p$

۳- V_{uc} مقاومت برشی موردنیاز اتصال با در نظر گرفتن تعادل استاتیکی بارهای ثقلی ضریب‌داری که با نیروی زلزله ترکیب می‌شوند و برش لرزه‌ای ناشی از $1/1 R_y M_p$ در دو انتهای تیر تعیین می‌شود.





قاب خمشی معمولی: نیروهای طراحی اتصال تیر به ستون



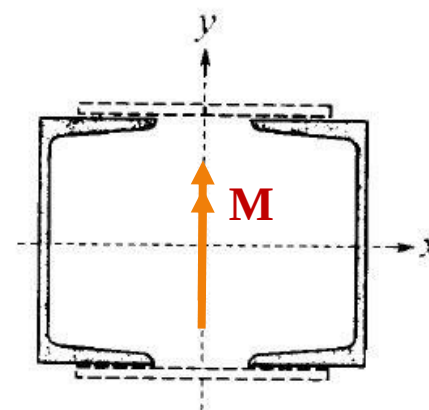
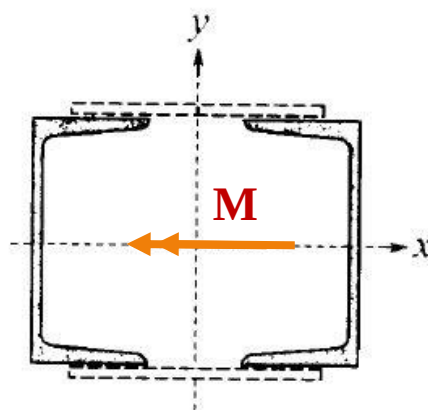
$$V_u = 2 [1.1 R_y M_p] / L_h + V_{gravity}$$

قاب خمشی معمولی: الزامات تکمیلی طراحی لرزه‌ای

محدودیت تیرها و ستون‌ها:

(الف) مقاطع تیرها و ستون‌ها باید فشرده باشند.

(ب) استفاده از ستون‌های با مقطع متشکل از چند نیمرخ بستدار مجاز است.



(بند ۱۰-۳-۷ مبحث دهم)



قاب خمشی متوسط یا ویژه: نیروهای طراحی اتصال تیر به ستون

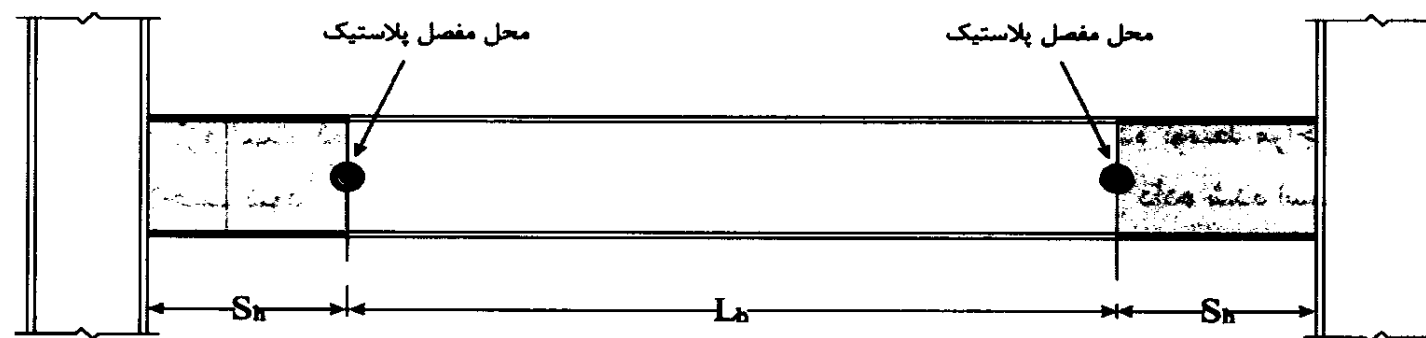
مقاومت خمشی مورد نیاز (M_u) و مقاومت برشی مورد نیاز (V_u) اتصال باید با در نظر گرفتن

تعادل استاتیکی بارهای ثقلی ضریب‌داری که با نیروی زلزله ترکیب می‌شوند و اثرات لرزه‌ای

ناشی از لنگر خمشی $M_{pr} = C_{pr} R_y M_p$ در محل‌های تشکیل مفصل پلاستیک، تعیین شوند

(بند ۳-۸-۳-۱۰ و ۴-۹-۳-۱۰ مبحث دهم)

- 1) $1/4 D$
- 2) $1/2 D + 1/6 L + 0/5 (L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- 3) $1/2 D + 1/6 (L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + [L \text{ یا } 0/5 (1/6 W)]$
- 4) $1/2 D + 1/6 W + L + 0/5 (L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- 5) $1/2 D + E + L + 0/2 S$
- 6) $0/9 D + 1/6 W$
- 7) $0/9 D + E$

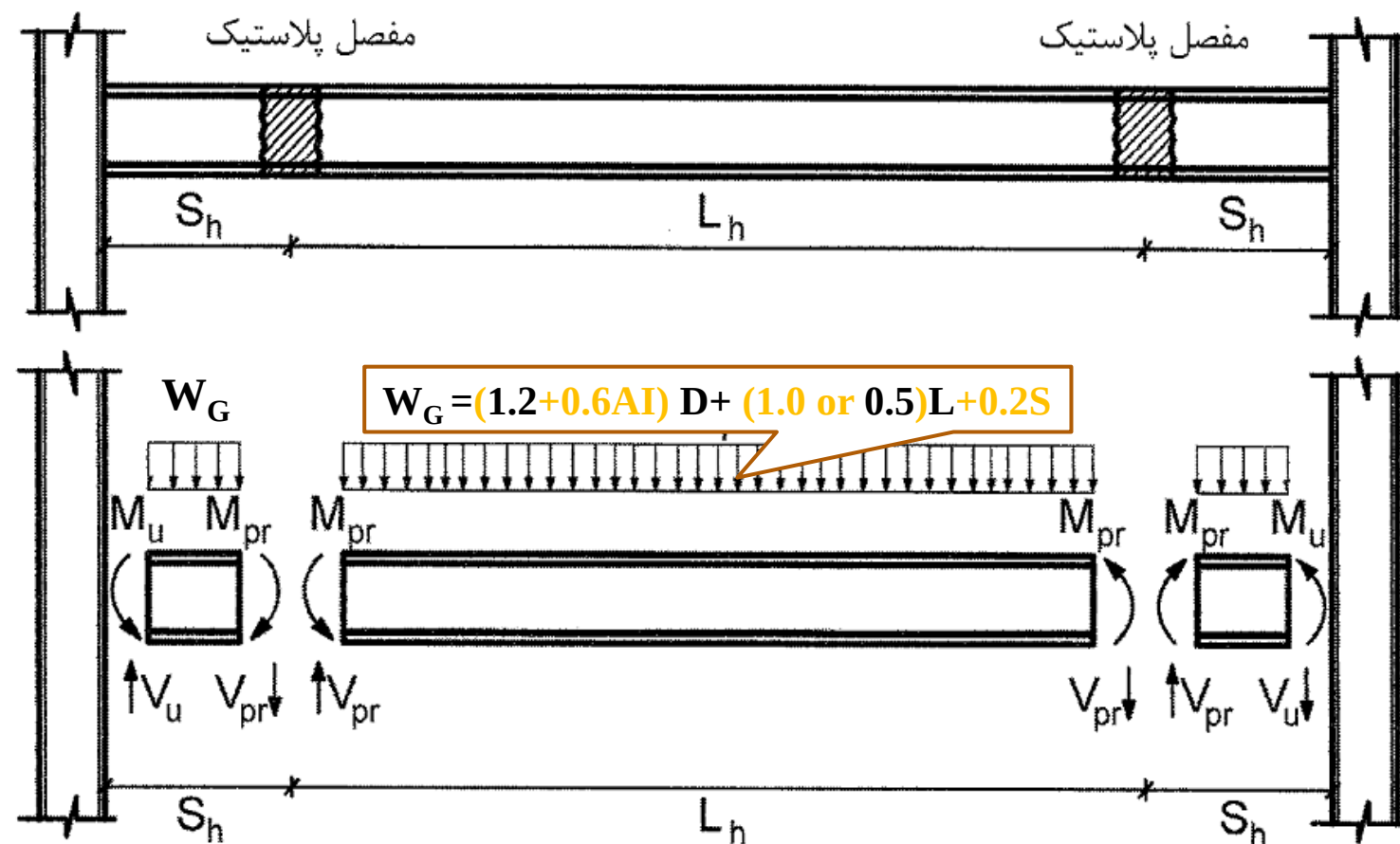


(بند ۲-۳-۲-۶ مبحث ششم)

$$1/1 \leq C_{pr} = \frac{(F_y + F_u)}{2F_y} \leq 1/2$$

باستثنای اتصال WUF-W که مقدار C_{pr} برای آن ۱/۴ است.

قاب خمشی متوسط یا ویژه: نیروهای طراحی اتصال تیر به ستون



- 1) $1/4 D$
- 2) $1/2 D + 1/6 L + 0/5 (L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- 3) $1/2 D + 1/6 (L_r \text{ یا } S \text{ یا } R) + [L \text{ یا } 0/5 (1/6 W)]$
- 4) $1/2 D + 1/6 W + L + 0/5 (L_r \text{ یا } S \text{ یا } R)$
- 5) $1/2 D + E + L + 0/2 S$
- 6) $0/9 D + 1/6 W$
- 7) $0/9 D + E$

الف- ضرایب بار مربوط به L در ترکیب بارهای ۳، ۴ و ۵ را برای کاربری‌هایی که بار L_o (طبق جدول ۶-۵-۱) آنها کمتر از ۵ کیلونیوتن بر مترمربع است، به استثناء کف پارکینگ‌ها یا محل‌های اجتماع عمومی می‌توان برابر با ۰/۵ منظور نمود.

قاب خمشی متوسط یا ویژه: نیروهای طراحی اتصال تیر به ستون

M_p : لنگر پلاستیک در محل مفصل پلاستیک تیر

$$M_p = Z_b F_y$$

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

$$M_{pr} = C_{pr} R_y M_p$$

V_{pr} : حداکثر برش محتمل در محل مفصل پلاستیک تیر

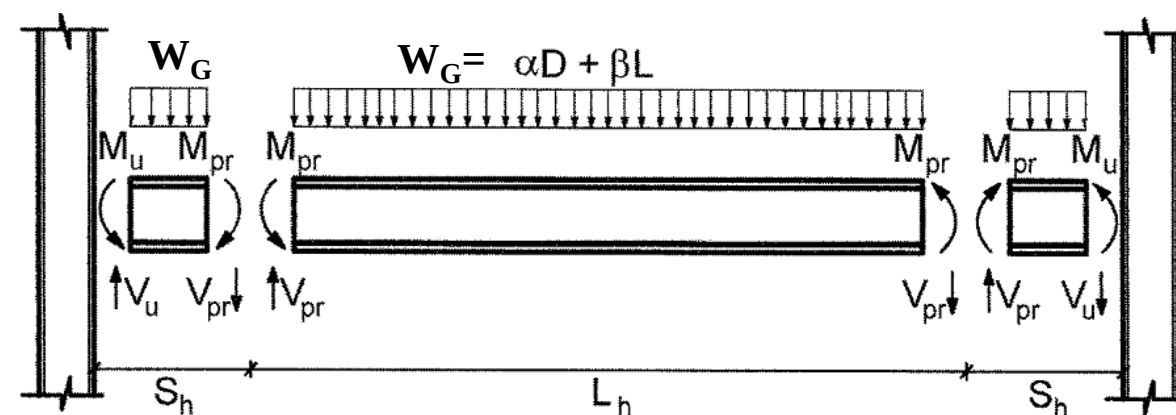
M_u : مقاومت خمشی مورد نیاز اتصال تیر به ستون

$$V_{pr} = \frac{2M_{pr}}{L_h} \mp \frac{W_G L_h}{2}$$

V_u : مقاومت برشی مورد نیاز اتصال تیر به ستون

$$M_u = M_{pr} + V_{pr} S_h + \frac{W_G S_h^2}{2}$$

$$V_u = V_{pr} + W_G S_h$$



$$\frac{1}{1} \leq C_{pr} = \frac{(F_y + F_u)}{2F_y} \leq \frac{1}{2}$$

باستثنای اتصال WUF-W که مقدار C_{pr} برای آن $1/4$ است.



قاب خمشی متوسط یا ویژه: الزامات تکمیلی طراحی لرزه‌ای

محدودیت مهار جانبی تیرها:

الف) کلیه تیرهای باربر جانبی لرزه‌ای باید در فاصله L_b دارای مهاربندی جانبی کافی باشند، به طوری که از هر گونه کمانش جانبی، پیچشی و جانبی - پیچشی در خلال تغییرشکل‌های فرا ارتجاعی جلوگیری شود. مهار جانبی تیرها باید به گونه‌ای تعبیه شوند که در محل اتصال آن‌ها به تیر از تغییر مکان جانبی هر دو بال تیر یا از پیچش کل مقطع به نحو موثری جلوگیری به عمل آید.

ب) تعبیه مهار جانبی در محل اعمال بارهای متمرکز خارجی در طول تیر، در محل تغییر مقطع تیر و در محل‌هایی که در بخش ۱۰-۳-۱۳ برای اتصالات از پیش تأیید شده پیش‌بینی شده است، الزامی است.

(بند ۱۰-۳-۶ مبحث دهم)

قاب خمشی متوسط یا ویژه: الزامات تکمیلی طراحی لرزه‌ای

محدودیت مهار جانبی تیرها:

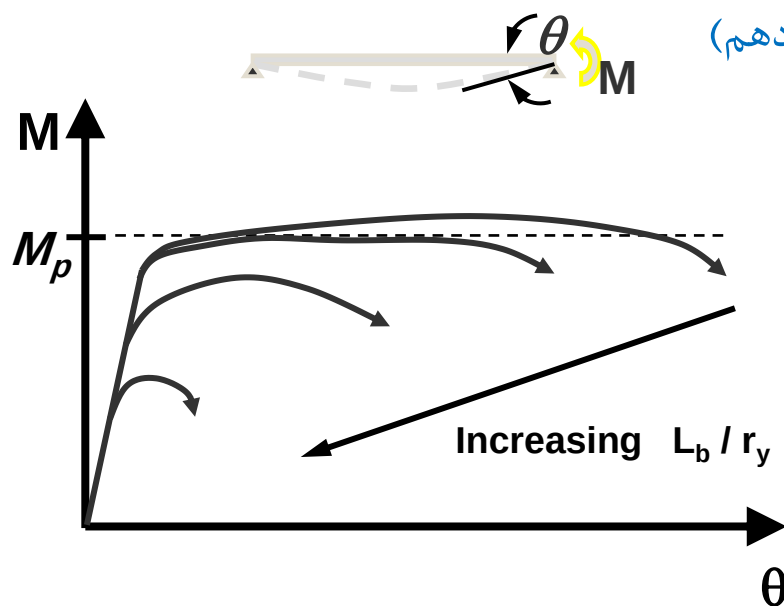
(بند ۱۰-۳-۶ مبحث دهم)

ت) مقدار حداکثر L_b برای تیرهای باربر جانبی لرزه‌ای در سیستم‌های با شکل‌پذیری متوسط برابر

و در سیستم‌های با شکل‌پذیری زیاد برابر $0.17 r_y \frac{E}{F_y}$ می‌باشد، که در آن r_y شعاع

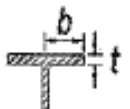
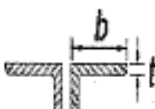
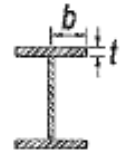
(بند ۱۰-۳-۶ مبحث دهم)

ژیراسیون مقطع تیر حول محور ضعیف است.

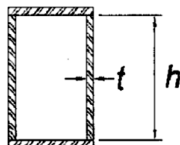
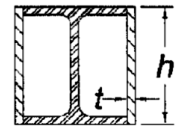
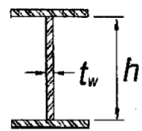


قاب خمشی متوسط یا ویژه: الزامات تکمیلی طراحی لرزه‌ای

جدول ۱۰-۳-۴ محدودیت نسبت پهنا به ضخامت در اجزای فشاری اعضای با شکل پذیری متوسط و زیاد

مثال‌های نمونه	حداکثر نسبت پهنا به ضخامت		نسبت پهنا به ضخامت	شرح اجزا	ن
	λ_{lim} اعضای با شکل پذیری زیاد	λ_{lim} اعضای با شکل پذیری متوسط			
   	قاب خمشی ویژه	قاب خمشی متوسط	b/t	بال‌های مقاطع I شکل نوردشده و ساخته‌شده از ورق، ناودانی‌ها، سپری‌ها، ساق نبشی‌های تک و نبشی‌های دویل با فاصله و ساق برجسته نبشی‌های دویل به هم چسبیده	۱
	$0.13 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.138 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$			

محدودیت فشردگی تیرها و ستونها:

  	برای $C_a \leq 0.125$ $2/45 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (1 - 0.93 C_a)$	برای $C_a \leq 0.125$ $3/76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (1 - 2/75 C_a)$	h/t_w	جان مقاطع I شکل نورد شده و ساخته شده از ورق وقتی به عنوان تیر یا ستون به کار می‌روند	۶
	برای $C_a > 0.125$ $0.77 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (2/93 - C_a) \geq 1/49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	برای $C_a > 0.125$ $1/12 \sqrt{\frac{E}{F_y}} (2/23 - C_a) \geq 1/49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	h/t	ورق‌های کناری مقاطع I شکل قوطی شده وقتی به عنوان تیر یا ستون مورد استفاده قرار می‌گیرند	
	که در آن: $C_a = \frac{P_u}{\phi_c P_y}$	که در آن: $C_a = \frac{P_u}{\phi_c P_y}$	h/t	جان مقاطع I شکل قوطی شکل ساخته شده از ورق هرگاه به عنوان تیر یا ستون مورد استفاده قرار می‌گیرند	
	قاب خمشی ویژه	قاب خمشی متوسط			

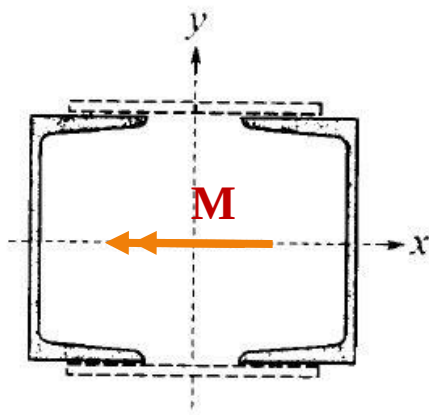
قاب خمشی متوسط یا ویژه: الزامات تکمیلی طراحی لرزه‌ای

محدودیت ستون‌های مرکب:

قاب خمشی متوسط

استفاده از ستون‌های با مقطع متشکل از چند نیمرخ بستدار مجاز است، مشروط بر آنکه خمش در ستون حول محور با مصالح باشد.

(بند ۱۰-۳-۸ مبحث دهم)

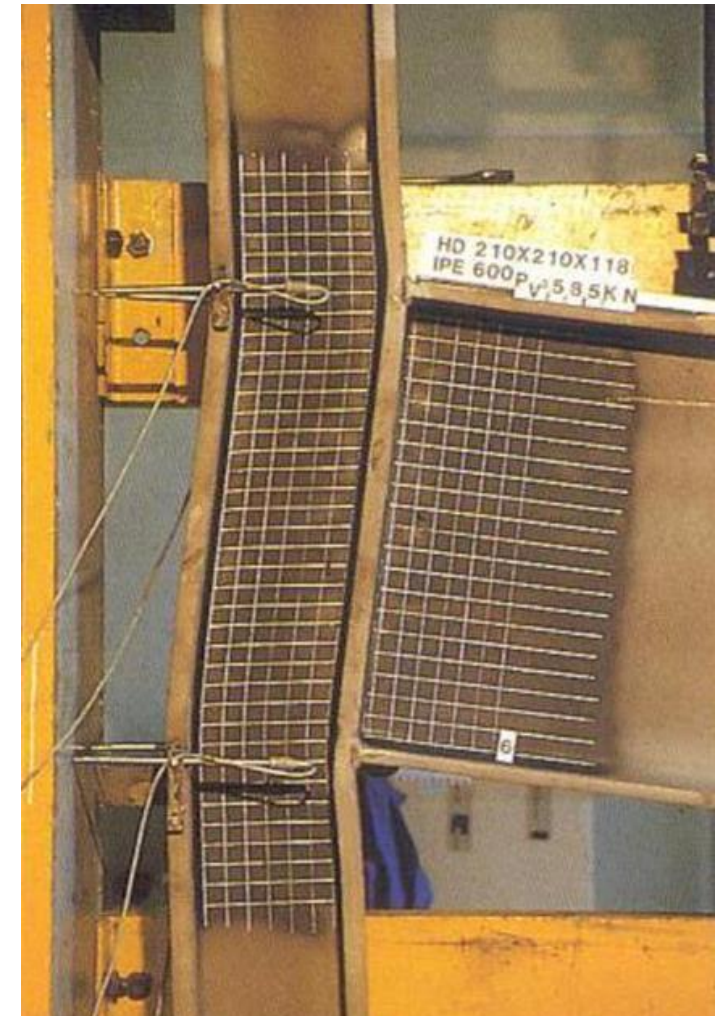
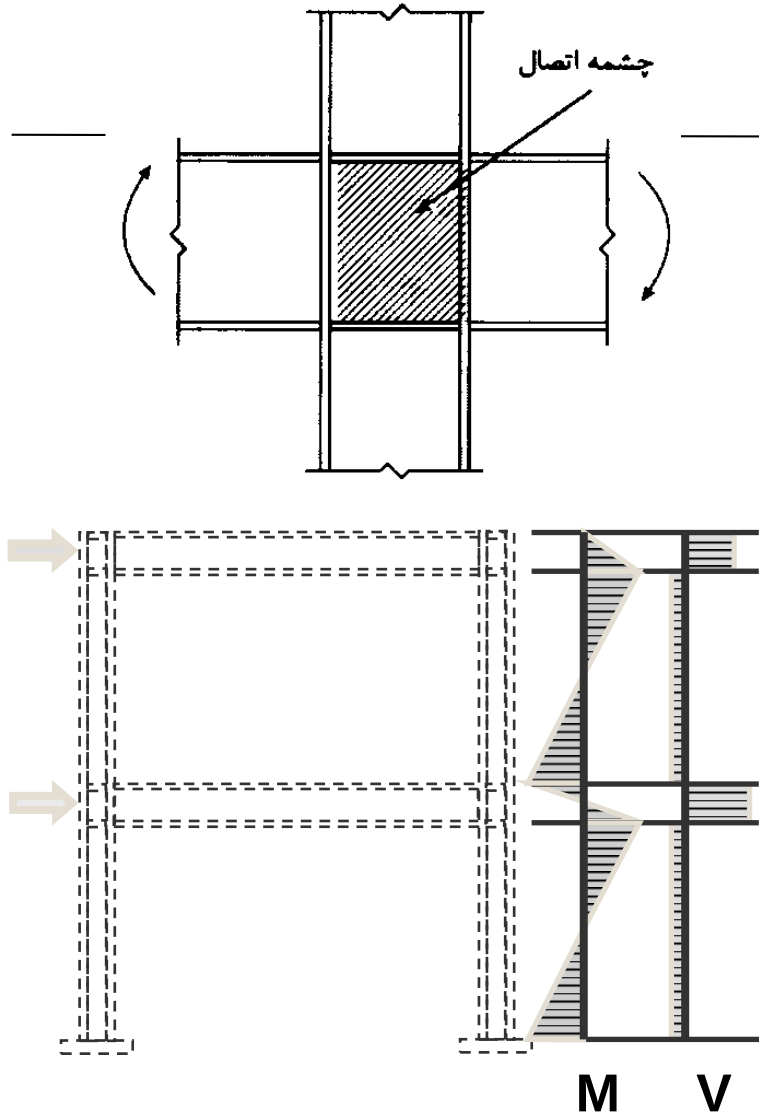


قاب خمشی ویژه

در ستون‌ها استفاده از مقطع متشکل از چند نیمرخ بستدار مجاز نیست. اجزای مقطع ستون باید در تمامی طول آن به صورت پیوسته به یکدیگر متصل شوند.

(بند ۱۰-۳-۹ مبحث دهم)

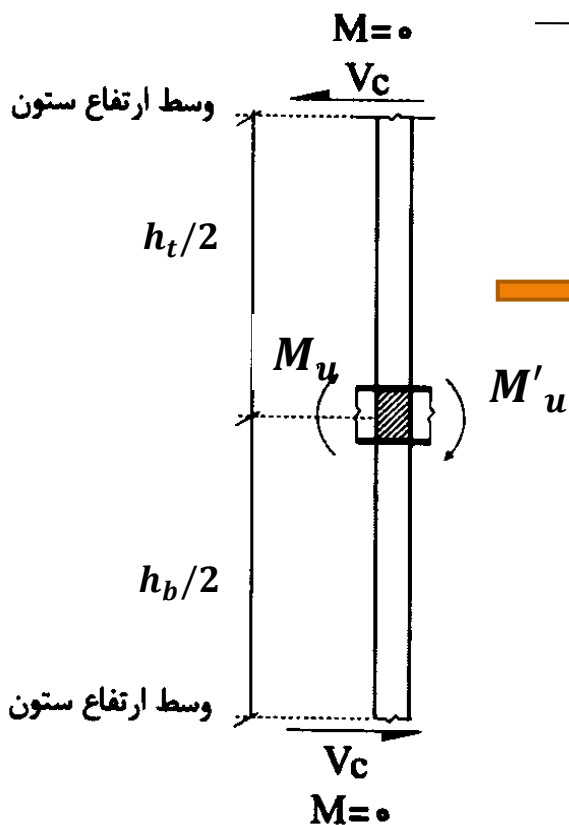
چشمه اتصال



برش شدید در چشمه اتصال در اثر تغییرات شدید لنگر در بالا و پایین طبقه

نیروی برشی چشمه اتصال

ستون میانی



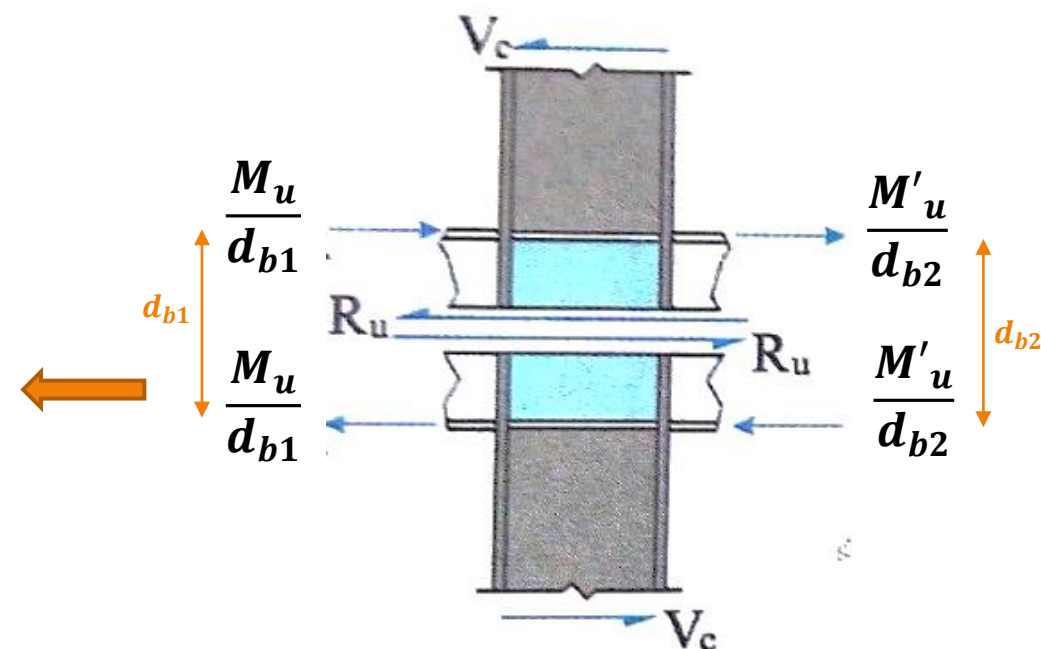
$$\sum M = 0 : V_c = \frac{M_u + M'_u}{h_b/2 + h_t/2}$$

$$\sum F_x = 0 : R_u = \frac{M_u}{d_{b1}} + \frac{M'_u}{d_{b2}} - V_c$$

ستون کناری

$$V_c = \frac{M_u}{h_b/2 + h_t/2}$$

$$R_u = \frac{M_u}{d_b} - V_c$$



V_c : نیروی برشی ستون در بالای چشمه اتصال

h_t : ارتفاع ستون بالای چشمه اتصال

h_b : ارتفاع ستون پایین چشمه اتصال

d_b : عمق تیر

(بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۶)

(مبحث دهم)

مقاومت برشی جان ستون در چشمه اتصال



$$R_u \leq \phi_v R_n \quad \phi_v = 0.9$$

الف- در حالتی که تأثیر تغییر شکل چشمه اتصال در تحلیل سازه منظور نشود:

$$R_n = 0.6 F_y d_c t_w \quad P_u \leq 0.4 P_c$$

$$R_n = 0.6 F_y d_c t_w \left(1/4 - \frac{P_u}{P_c} \right) \quad P_u > 0.4 P_c$$

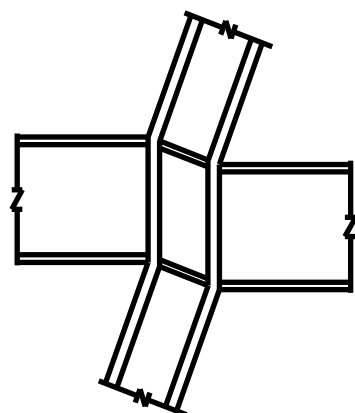
$$P_c = P_y = A_g F_y = \text{مقاومت محوری تسلیم شدن ستون}$$

$$P_u = \text{مقاومت محوری مورد نیاز ستون}$$

d_c : ارتفاع کلی مقطع ستون

t_w : ضخامت جان مقطع ستون

مقاومت برشی جان ستون در چشمه اتصال



ب- در حالتی که تأثیر تغییر شکل چشمه اتصال در تحلیل سازه منظور شود:

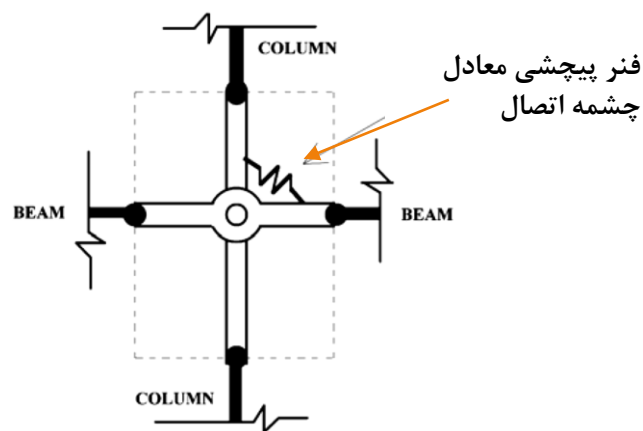
$$R_n = 0.9 F_y d_c t_w \left(1 + \frac{3 b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_w} \right) \quad P_u \leq 0.75 P_c$$

$$R_n = 0.9 F_y d_c t_w \left(1 + \frac{3 b_{cf} t_{cf}^2}{d_b d_c t_w} \right) \left(1/9 - \frac{1/2 P_u}{P_c} \right) \quad P_u > 0.75 P_c$$

b_{cf} , t_{cf} = به ترتیب عرض و ضخامت بال ستون

d_b , d_c = به ترتیب عمق تیر و ستون

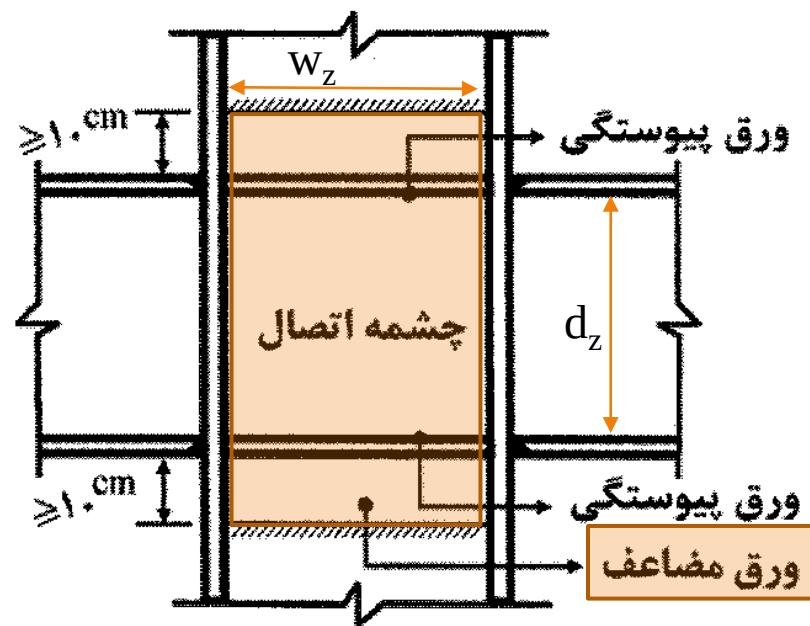
t_w : ضخامت جان مقطع ستون



مدلسازی تغییر شکل چشمه اتصال در تحلیل قاب

تقویت برشی جان ستون در چشمه اتصال

ورق‌های مضاعف:



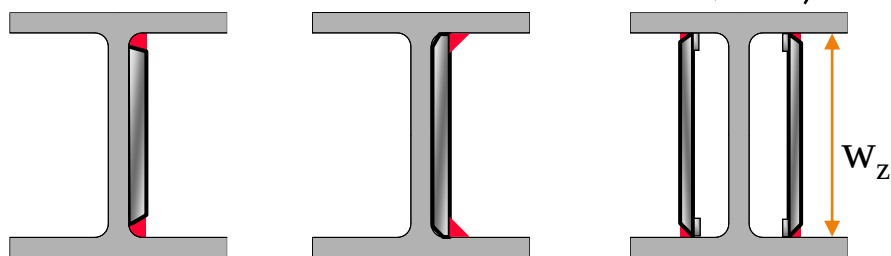
$$2t_z W_z (0.6 F_{yst}) + \phi_v R_n \geq R_u \quad (\phi_v = 0.9)$$

$$t_z \text{ یا } t_w \geq \frac{d_z + w_z}{9.0} \quad (\text{بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۹ مبحث دهم})$$

t_z = ضخامت ورق مضاعف

w_z = پهنای چشمه‌ی اتصال که فاصله‌ی آزاد بین بال‌های ستون می‌باشد.

d_z = عمق چشمه‌ی اتصال که برابر فاصله‌ی خالص بین ورق‌های تقویتی فوقانی و تحتانی



تقویت برشی جان ستون در چشمه اتصال

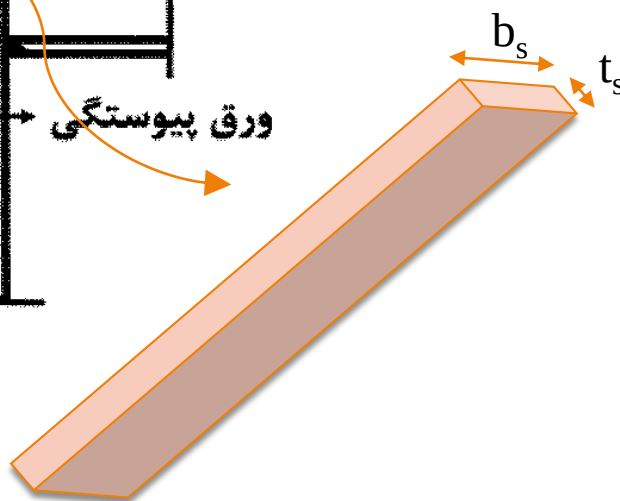
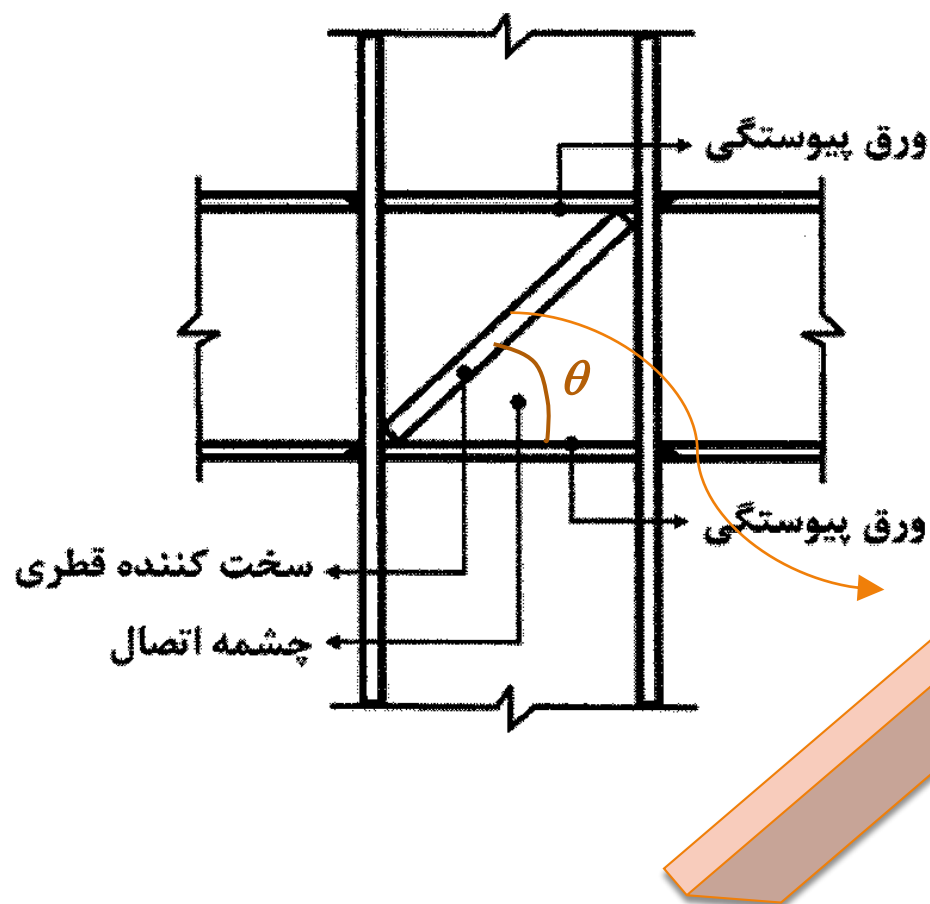
ورق‌های قطری:

$$\varphi_c A_{st} F_{yst} \cos \theta + \varphi_v R_n \geq R_u \quad (\varphi_c = 0.9)$$

$$(\varphi_v = 0.9)$$

$$A_{st} = 2b_s t_s \quad \text{ورق‌های قطری در دو طرف:}$$

$$\frac{b_s}{t_s} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_{yst}}}$$



اثرات نیروهای متمرکز در اتصال گیردار

خمش در بال ستون ناشی از نیروی کششی:

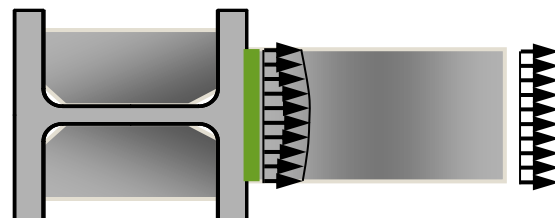
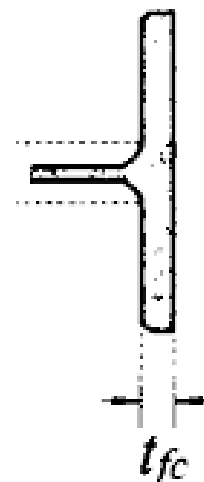
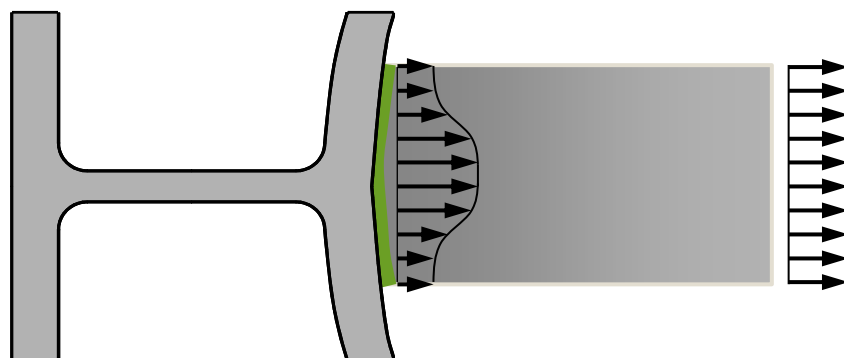
$$T_u \leq \phi R_n, \quad \phi = 0.9$$

$$R_n = 6/25 F_y f t_{fc}^2$$

در بالاترین ستون، ضریب ۶/۲۵، نصف می شود.

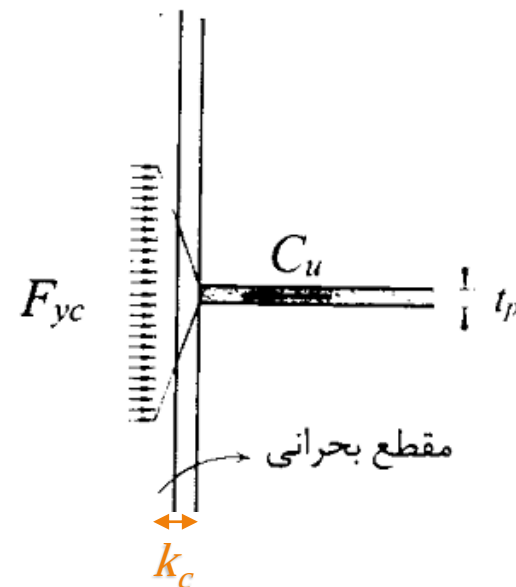
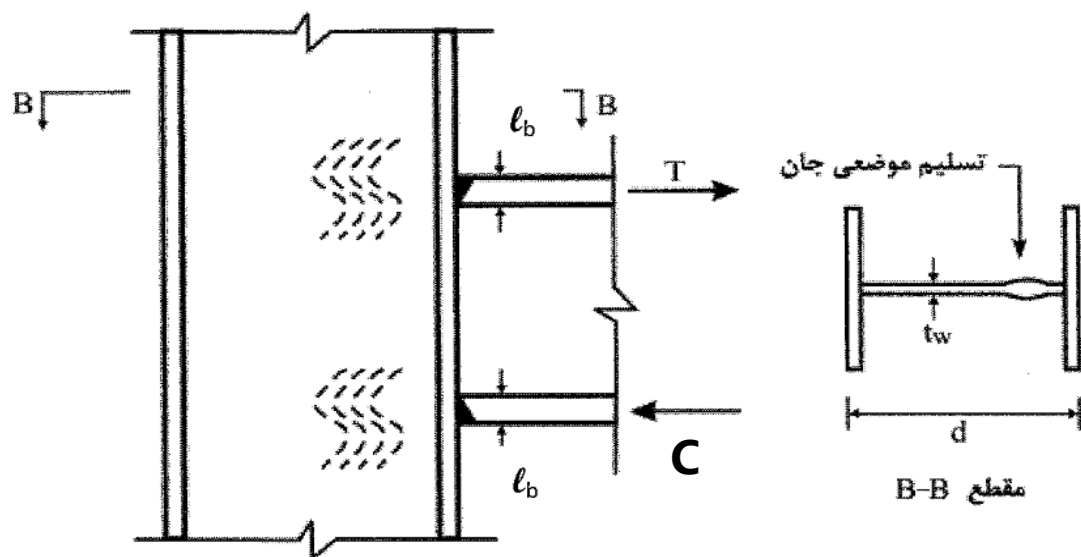
(بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۱ مبحث دهم)

در صورتی که مقاومت اسمی بال جواگو نبود باید از ورق های سخت کننده در مقابل نیروهای متمرکز استفاده شود:



اثرات نیروهای متمرکز در اتصال گیردار

تسلیم موضعی جان ستون :



$$C_u \leq \phi R_n, \quad \phi = 1$$

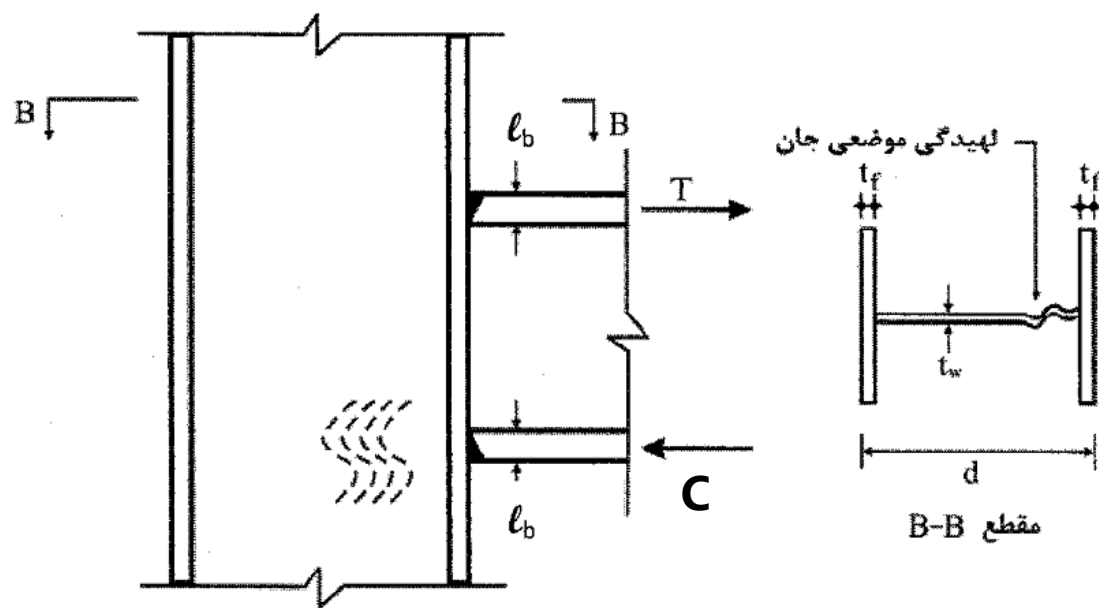
$$R_n = F_{yc} (\Delta k_c + t_p) t_{wc}$$

k_c فاصله بین سطح بال تا پایان گردی ریشه‌ی اتصال بال به جان ستون

در بالاترین ستون، ضریب ۵ نصف می شود.

اثرات نیروهای متمرکز در اتصال گیردار

لهیدگی جان ستون:



$$C_u \leq \phi R_n, \quad \phi = 0.75$$

$$R_n = 0.6 t_{wc}^2 \left[1 + \frac{3 t_p}{d_c} \left(\frac{t_{wc}}{t_{fc}} \right)^{1/5} \right] \sqrt{\frac{E F_{yc} t_{fc}}{t_{wc}}}$$

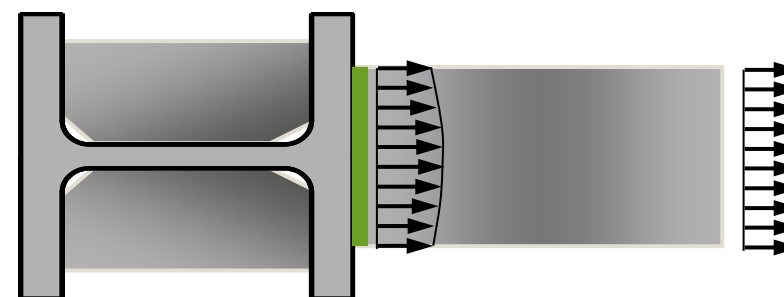
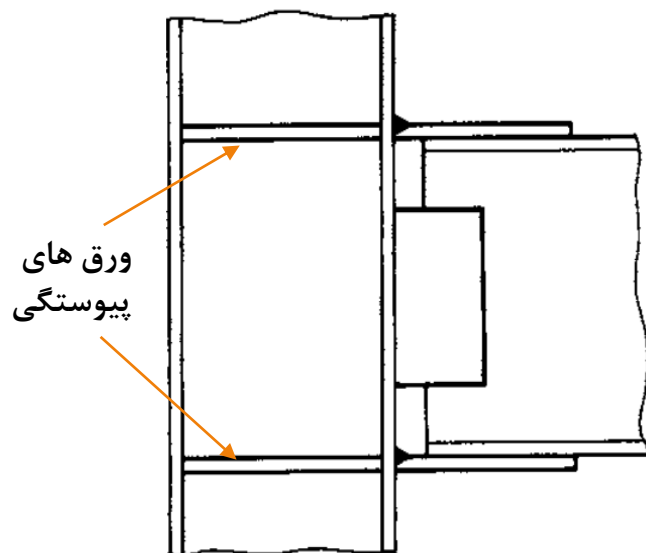
در بالاترین ستون، ضریب ۰/۸، نصف می شود.

ورق‌های سخت کننده در مقابل نیروهای متمرکز

(بند ۱۰-۲-۹-۱۰-۷ مبحث دهم)

در صورتی که مقاومت طراحی در برابر نیروهای متمرکز کمتر از مقاومت مورد نیاز باشد، استفاده از ورق‌های سخت کننده (که معمولاً به صورت ورق‌های پیوستگی اجرا می‌شوند) ضرورت دارد.

ظرفیت این سخت‌کننده‌ها باید حداقل برابر اختلاف مقاومت مورد نیاز و مقاومت طراحی در محل بارهای متمرکز باشد.



ورق‌های پیوستگی

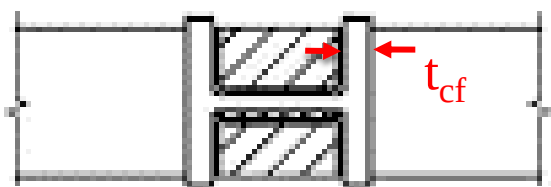
در قاب‌های خمشی متوسط و ویژه، استفاده از ورق‌های پیوستگی در مقابل بال‌های تیر (یا ورق‌های پوششی اتصال بال‌ها) الزامی است حتی اگر نیازی به تقویت ستون در برابر بارهای متمرکز نباشد. تنها اگر ضخامت بال ستون، از مقادیر زیر بیشتر باشد، تعبیه ورق‌های پیوستگی ضرورت ندارد:

$$t_{cf} \geq \frac{1}{4} \sqrt{\frac{1}{8} b_{bf} t_{bf} \frac{R_{yb} F_{yb}}{R_{yc} F_{yc}}}$$

و

$$t_{cf} \geq \frac{b_{bf}}{6}$$

در ستون‌های H شکل



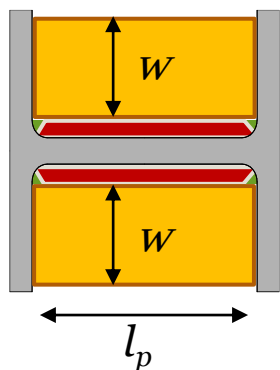
$$t_{cf} \geq \frac{1}{4} \sqrt{\left[1 - \frac{b_{bf}}{b_{cf}} \left(b_{cf} - \frac{b_{bf}}{4} \right) \right] \frac{1}{8} b_{bf} t_{bf} \frac{F_{yb} R_{yb}}{F_{yc} R_{yc}}}$$

و

$$t_{cf} \geq \frac{b_{bf}}{12}$$

در ستون‌های H شکل
قوطی شده

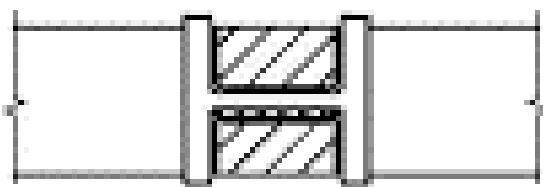
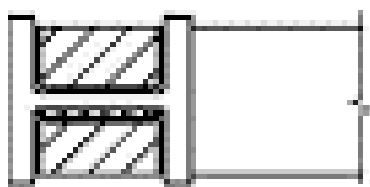
ورق‌های پیوستگی



l_p طول ورق‌های پیوستگی باید برابر با فاصله خالص دو بال ستون باشد.

w پهنای ورق‌های پیوستگی در ستون‌های با مقطع قوطی شکل باید برابر فاصله خالص دو جان مقطع ستون بوده و در ستون‌های با مقطع H شکل مجموع پهنای ورق‌های پیوستگی در هر طرف جان مقطع ستون نباید از پهنای بال تیر یا پهنای ورق پوششی اتصال کمتر باشد.

ضخامت ورق‌های پیوستگی نباید از نصف ضخامت بال تیر یا ضخامت ورق‌های پوششی اتصال (ورق‌های روسری و زیرسری) در اتصالات گیرداری که در امتداد موردنظر فقط به یک وجه ستون متصل هستند و از ضخامت بال تیر یا ضخامت ورق‌های پوششی اتصال (ورق‌های روسری و زیرسری) در اتصالات گیرداری که در امتداد موردنظر به هر دو وجه ستون متصل هستند، کمتر در نظر گرفته شود.



ورق‌های پیوستگی

جوش ورق‌های پیوستگی به بال ستون باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل باشد. در صورتی که ضخامت ورق پیوستگی کوچکتر یا مساوی ۱۰ میلی‌متر باشد، استفاده از جوش گوشه دو طرفه نیز مجاز است.

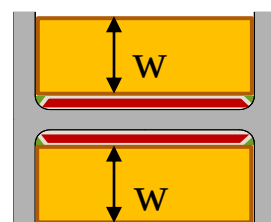
جوش ورق‌های پیوستگی به جان ستون باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل یا جوش گوشه دو طرفه باشد.

نسبت پهنا به ضخامت در ورق‌های پیوستگی با یک لبه متکی، نظیر ورق‌های پیوستگی

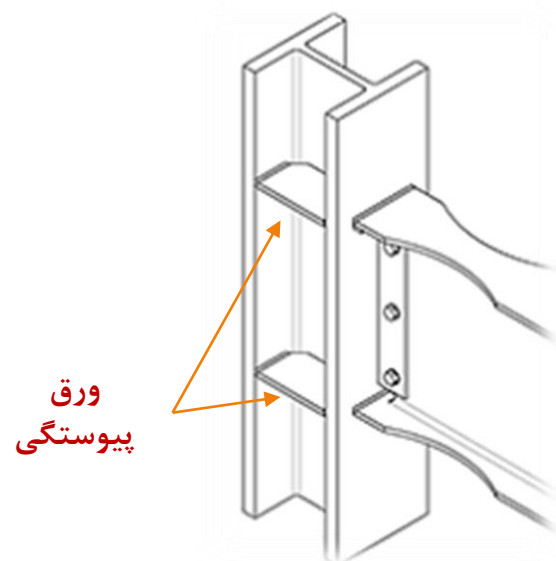
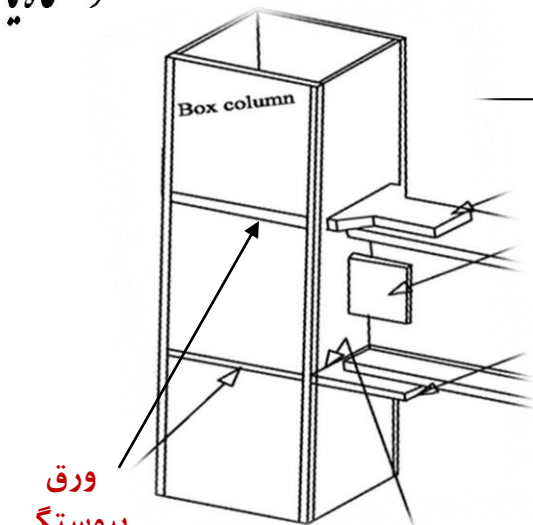
ستون‌های H شکل، نباید از $0.55 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ و در ورق‌های پیوستگی با دو لبه متکی، نظیر ورق‌های

پیوستگی ستون‌های با مقطع قوطی شکل، نباید از $1/4 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ کوچکتر باشد. در این روابط E

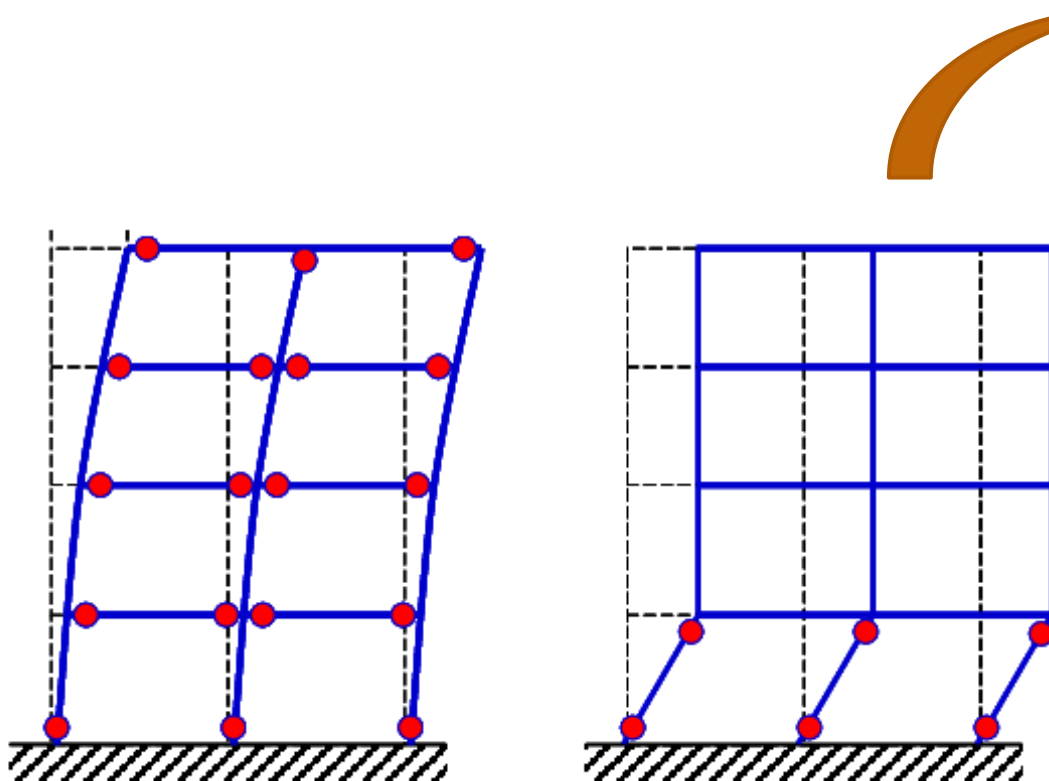
مدول الاستیسیته فولاد و F_y تنش تسلیم فولاد ورق پیوستگی می‌باشد.



(بند ۱۰-۳-۸-۵ مبحث دهم)

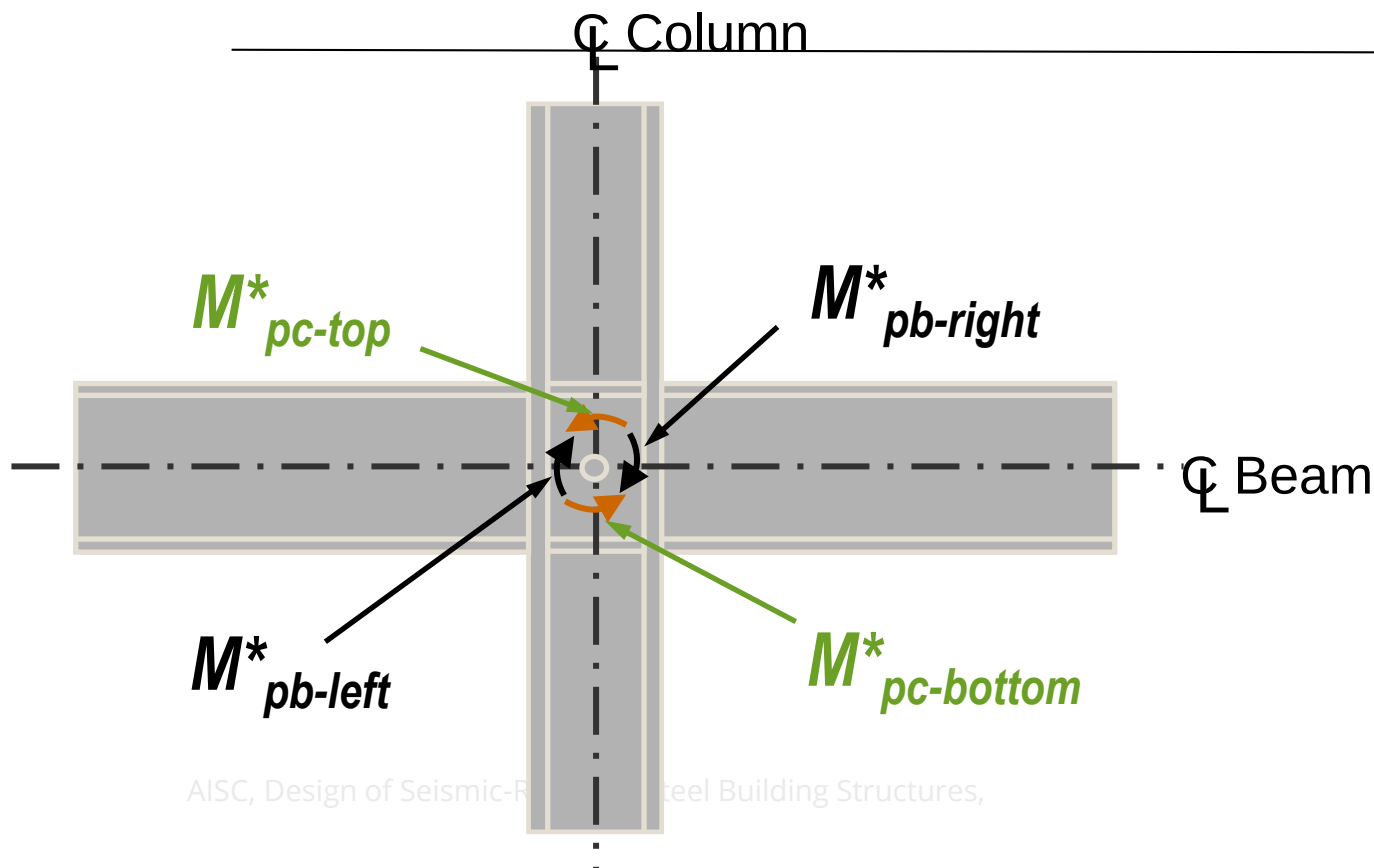


ضابطه ستون قوی-تیر ضعیف



ضابطه ستون قوی-تیر ضعیف

صرفاً برای قاب‌های خمشی ویژه



$$\frac{\sum M_{pc}^*}{\sum M_{pb}^*} > 1.0$$

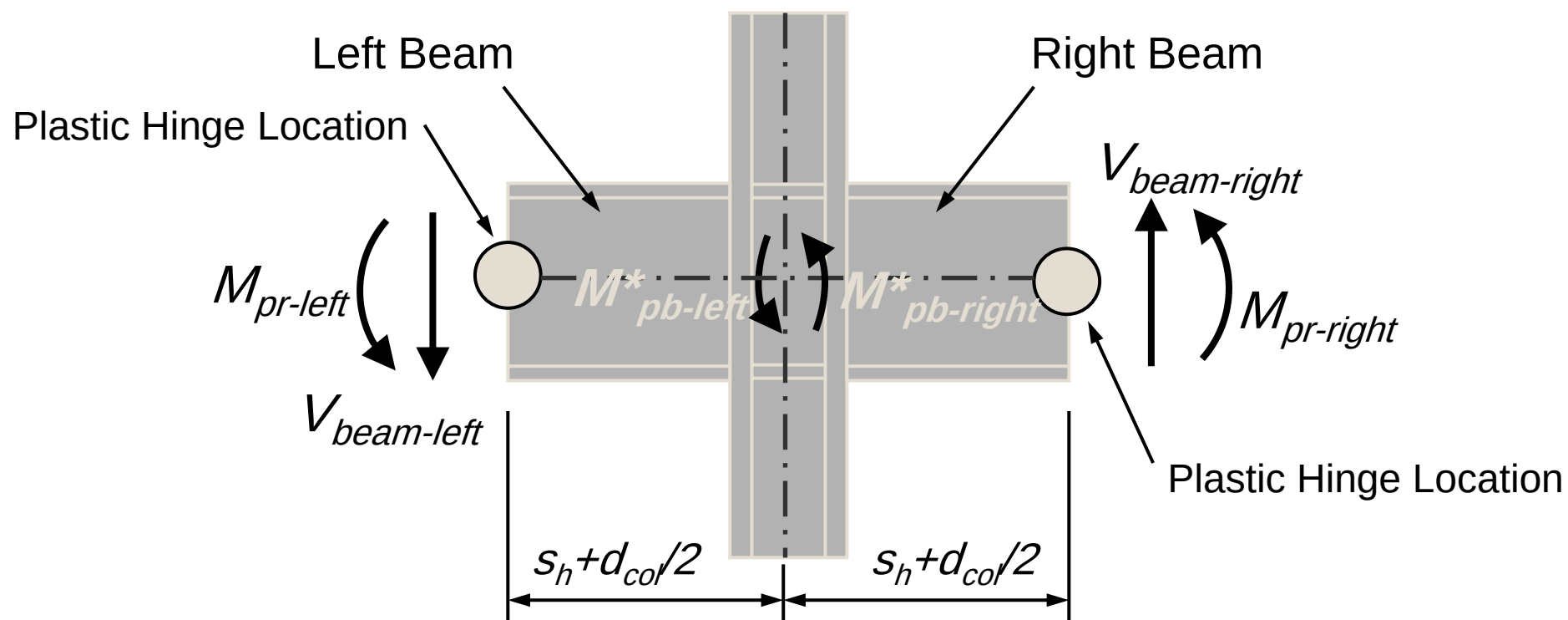
(بند ۱۰-۳-۹-۲ مبحث دهم)

$M_{pc}^* = Z_c (F_{yc} - P_{uc} / A_g)$: لنگر خمشی ستون بالا یا پایین گره اتصال در امتداد مورد نظر

P_{uc} : مقاومت فشاری مورد نیاز ستون حاصل از ترکیبات بار زلزله تشدید یافته

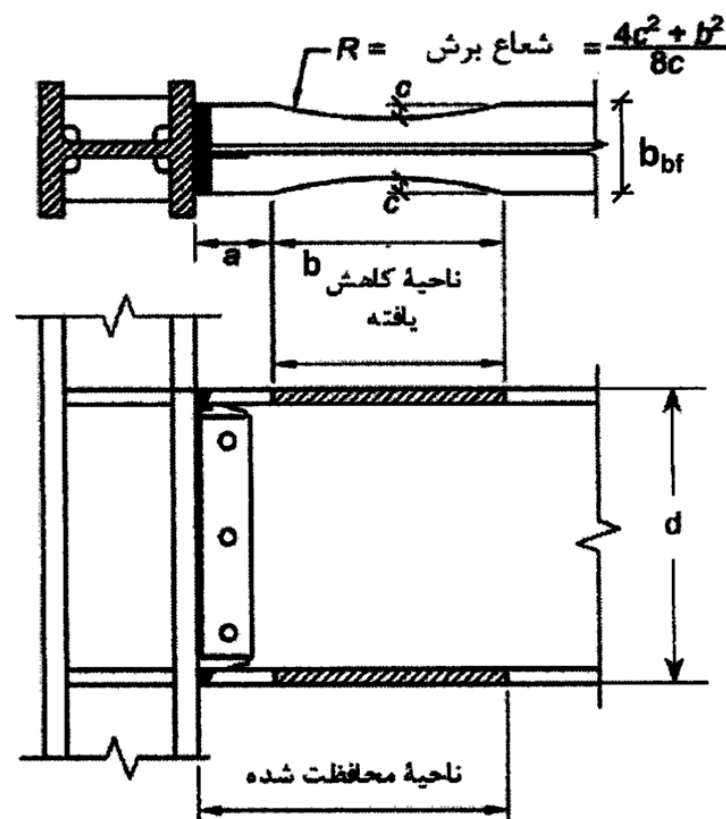
ضابطه ستون قوی-تیر ضعیف

$$M_{pb}^* = M_{pr} + V_{beam} (s_h + d_{col}/2)$$

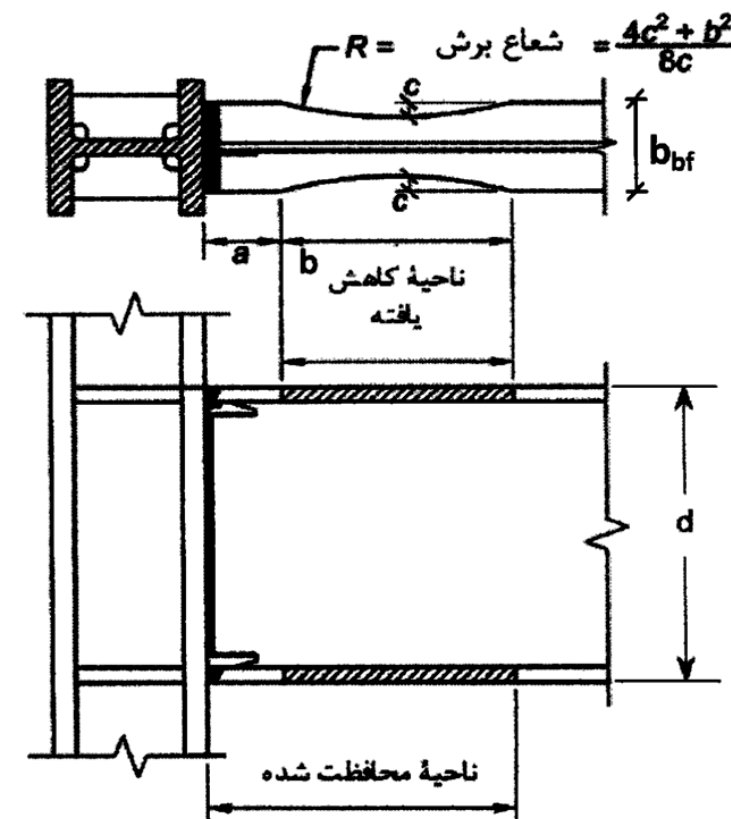


(بند ۱۰-۳-۹-۲ مبحث دهم)

انواع اتصالات خمشی از پیش تأیید شده



(ب) فقط برای قاب‌های خمشی متوسط

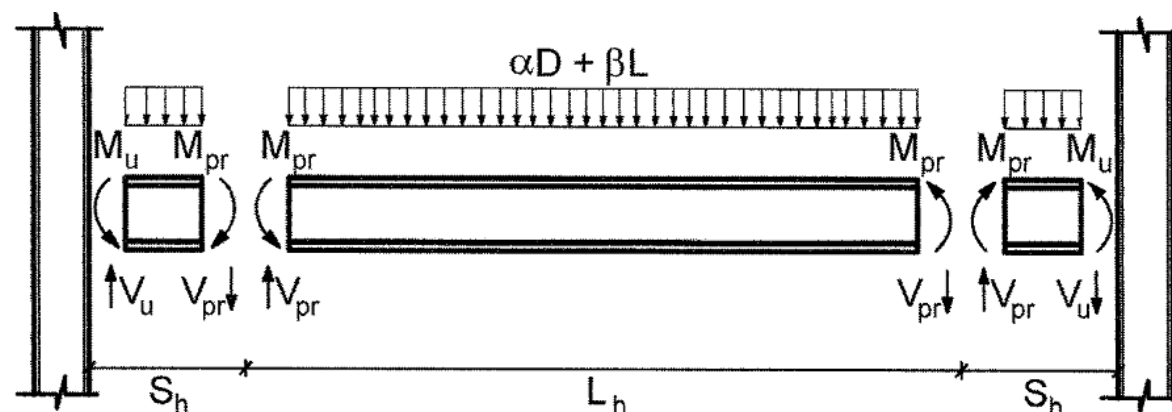
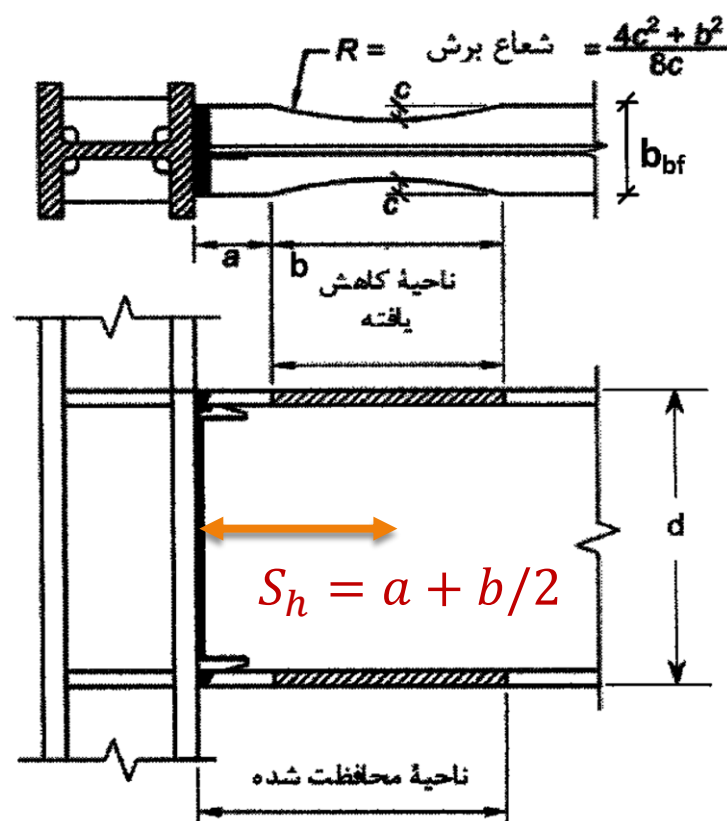


(الف) برای قاب‌های خمشی متوسط و ویژه

(بند ۱۰-۳-۱۳ بحث دهم)

اتصال گیردار مستقیم با مقطع کاهش یافته (Reduced Beam Section - RBS)

انواع اتصالات خمشی از پیش تأیید شده



$$M_u \leq R_y M_{p0}$$

(بند ۱۰-۳-۸-۲ مبحث دهم)

$$M_u = M_{pr} + V_{pr} S_h + \frac{W_G S_h^2}{2}$$

M_p : لنگر پلاستیک در محل مقطع کاهش یافته تیر

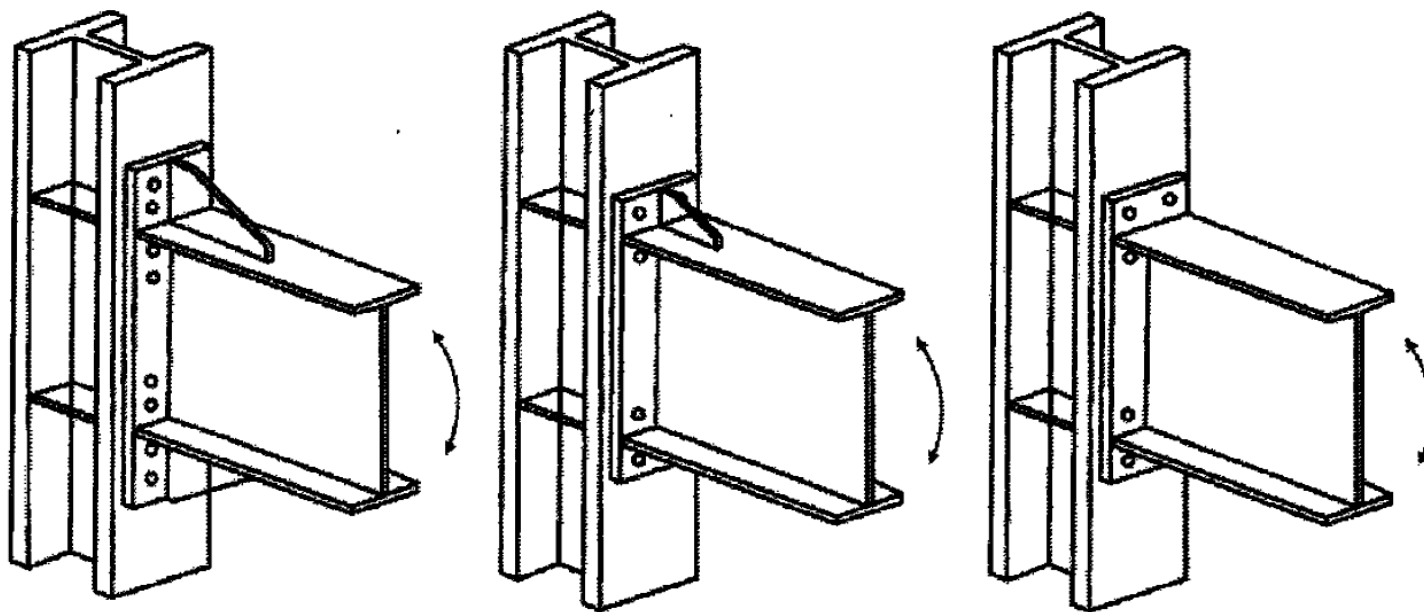
$$M_{pr} = C_{pr} R_y M_p$$

M_{p0} : لنگر پلاستیک در ابتدا و انتهای تیر

M_u : مقاومت خمشی مورد انتظار در ابتدا و انتهای تیر

اتصال گیردار مستقیم با مقطع کاهش یافته (RBS)

انواع اتصالات خمشی از پیش تأیید شده

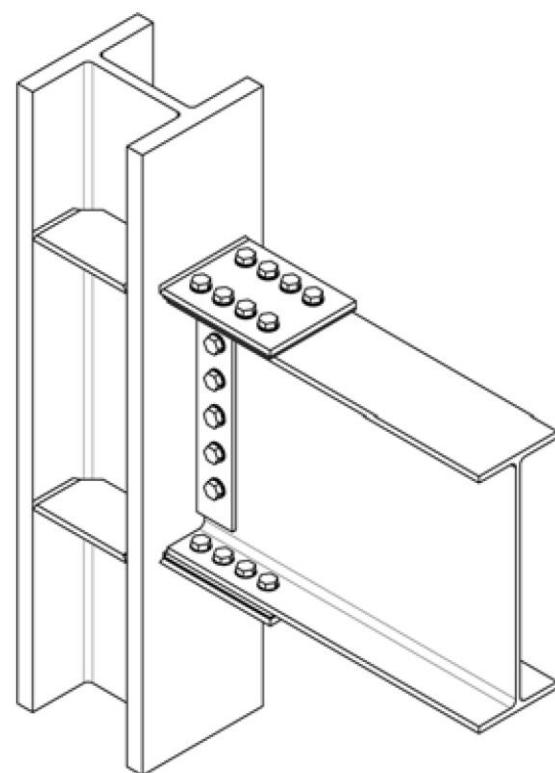


الف) چهارپیچی بدون ورق سخت‌کننده ب) چهارپیچی با ورق سخت‌کننده پ) هشت‌پیچی با ورق سخت‌کننده

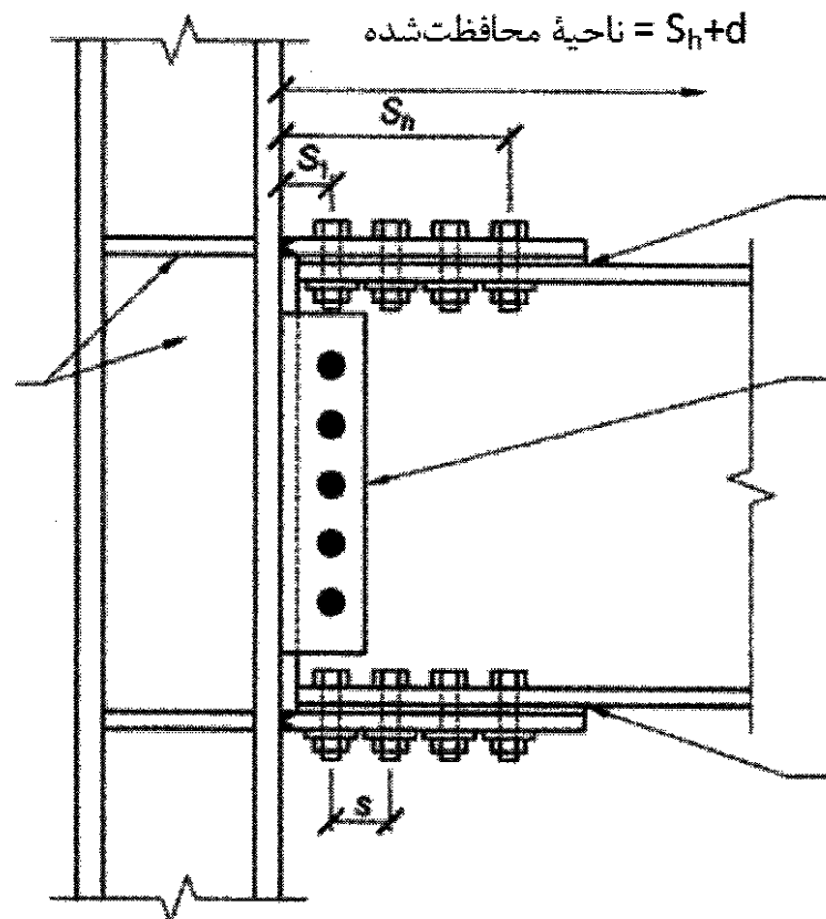
اتصال گیردار فلنجی چهار پیچی بدون استفاده از ورق لچکی (BUEEP) و اتصال گیردار

فلنجی چهار یا هشت پیچی با استفاده از ورق لچکی (BSEEP)

انواع اتصالات خمشی از پیش تأیید شده



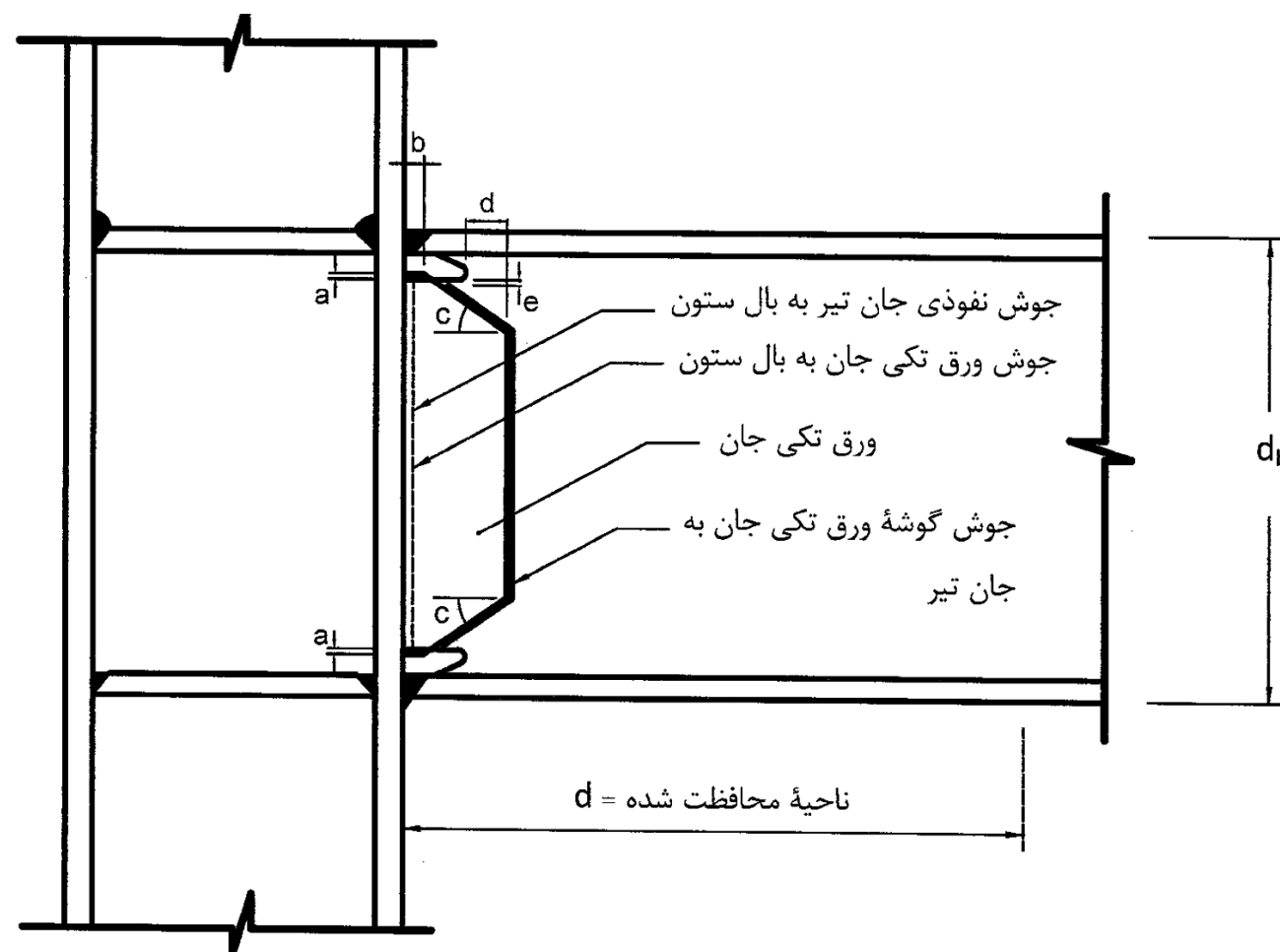
ورق‌های پیوستگی و
مضاعف بر اساس نیاز



اتصال گیردار پیچی به کمک ورق‌های روسری و زیر سری (BFP)

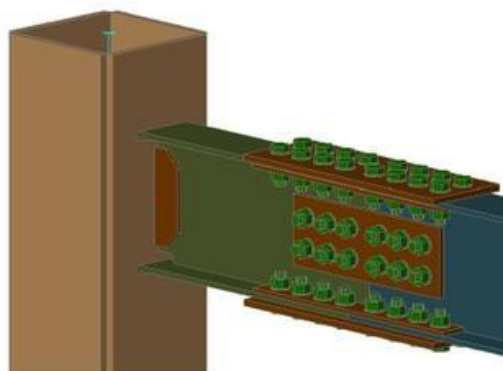
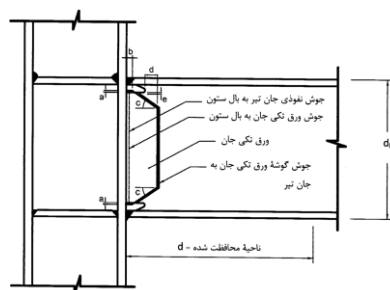
(بند ۱۰-۳-۱۳ مبحث دهم)

انواع اتصالات خمشی از پیش تأیید شده

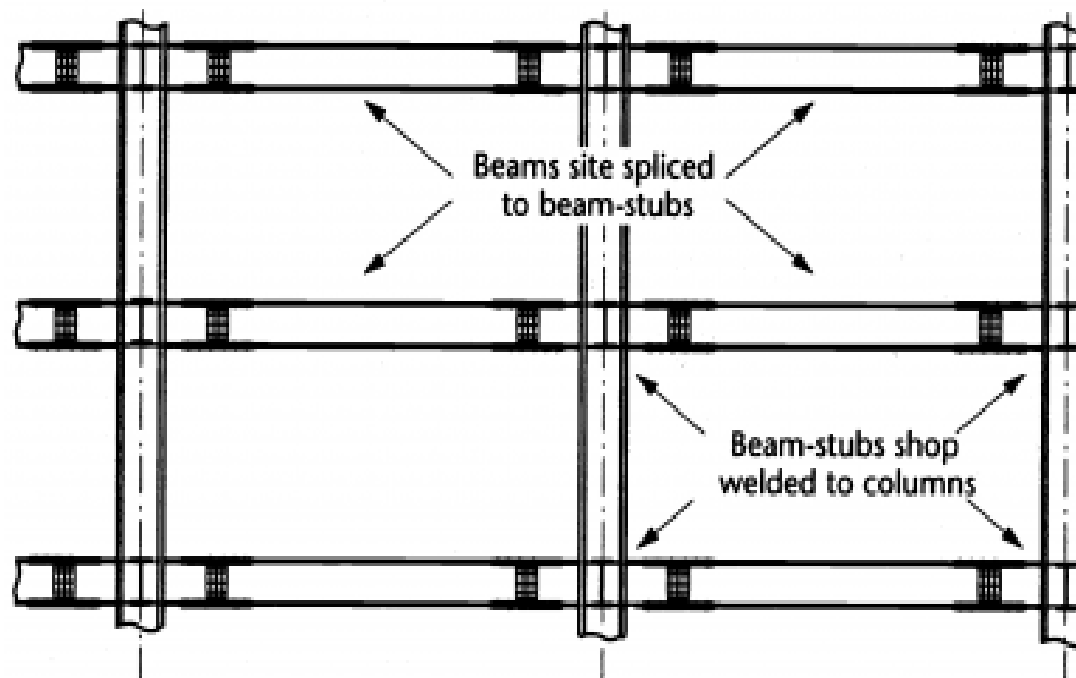


اتصال گیردار تقویت نشده جوشی (WUF-W)

انواع اتصالات خمشی از پیش تأیید شده



<http://strain.blog.ir/>



www.steelconstruction.info

استفاده از وصله در تیر برای سهولت اجرای اتصال گیردار جوشی

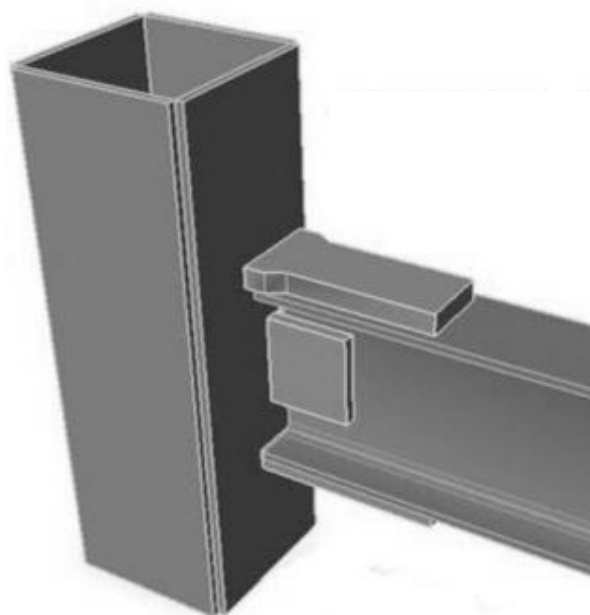
اتصال گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری (WFP)

- یکی از اتصالات خمشی از پیش تأیید شده

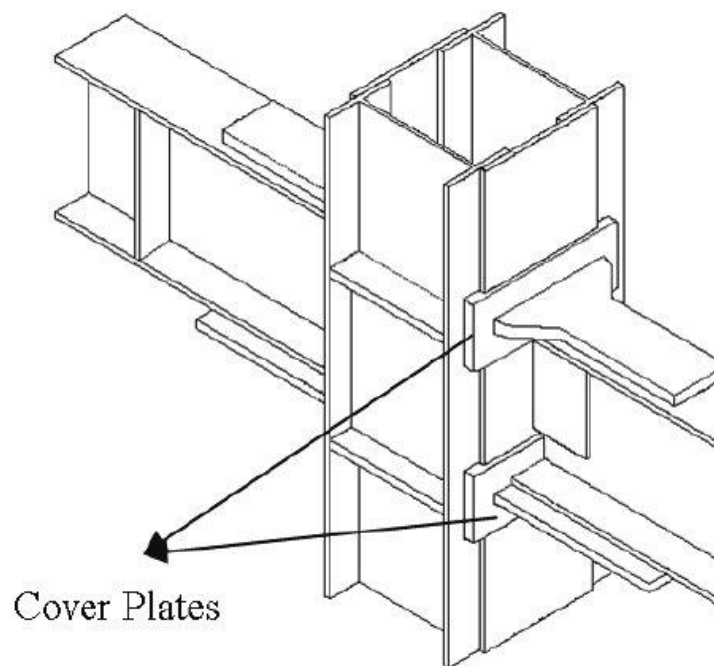
- منحصر به قاب‌های خمشی متوسط

- دارای کاربرد گسترده در ایران به دلیل سهولت نسبی اجرا

- موسوم به اتصال کله گاوی



<https://tarahsize.ir/>

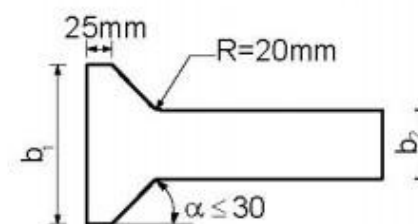
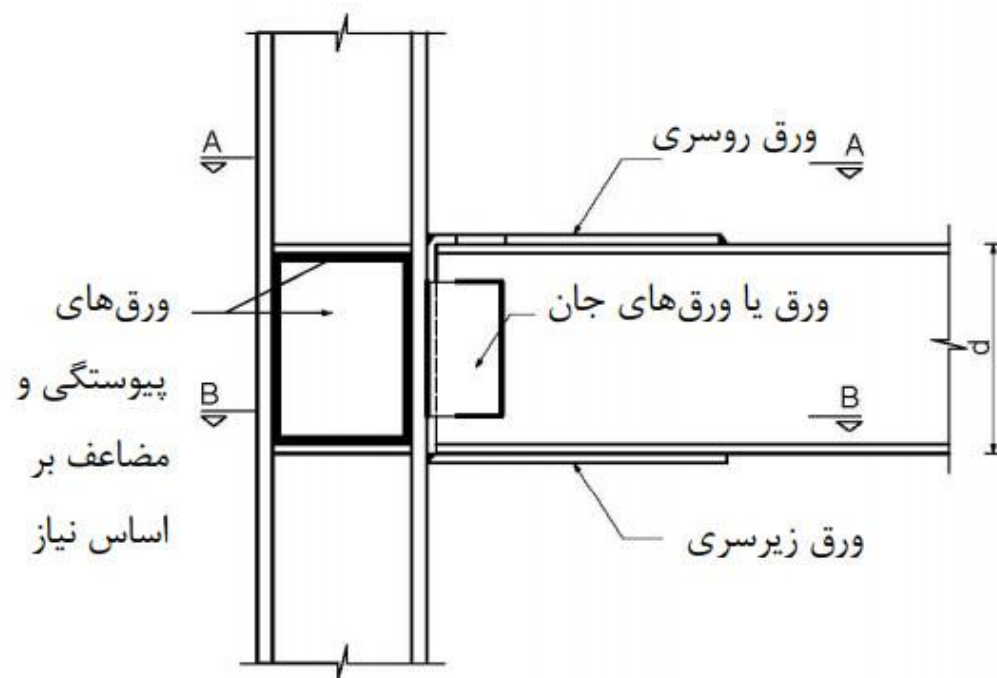


Procedia Engineering 14

WFP: Welded Flange Plate

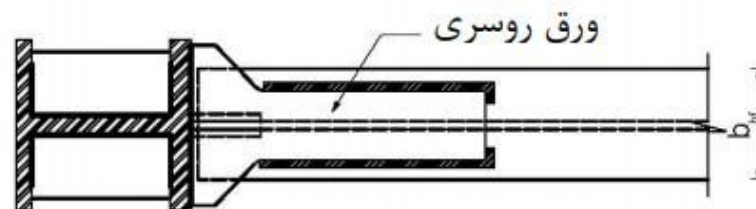


اتصال گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری

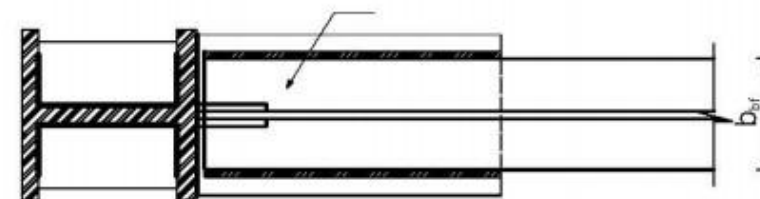


$\beta =$ ضریب بازرسی جوش ورق روسری

$$b_1 = b_2 / \beta$$



مقطع A-A

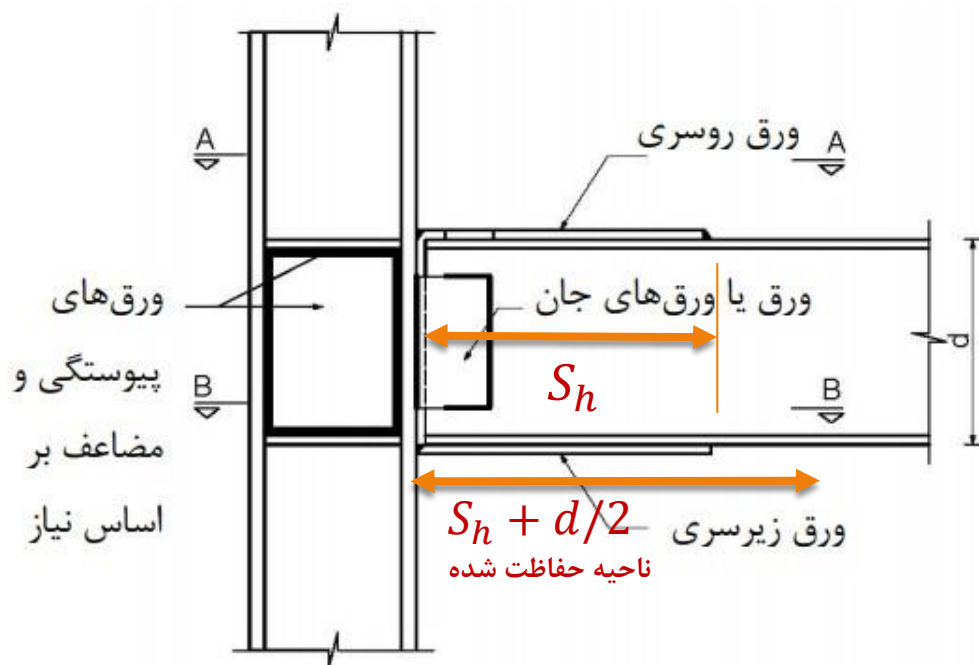


مقطع B-B

اتصال گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری

الزامات:

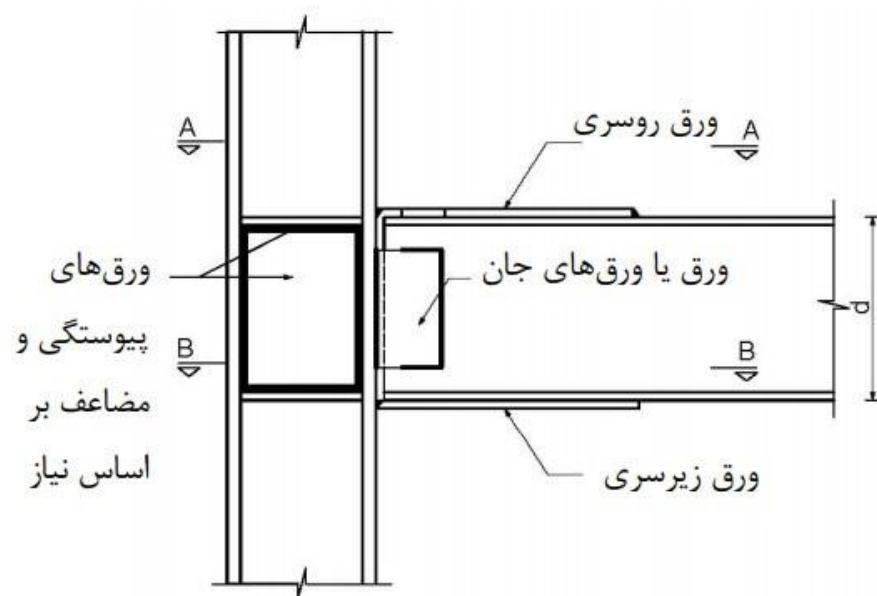
- در دو انتهای تیر، تعبیه سوراخ‌های دسترسی برای انجام جوشکاری مجاز نمی‌باشد.
- در دو انتهای تیر، ناحیه محافظت شده باید برابر فاصله از بر ستون تا انتهای ورق‌های روسری و زیرسری (هرکدام که بزرگتر است) بعلاوه نصف عمق تیر بعد از آن، در نظر گرفته شود.
- محل تشکیل مفصل پلاستیک در روی تیر (S_h) باید در محل انتهای ورق‌های روسری و زیرسری (هرکدام که بزرگتر است)، در نظر گرفته شود.



اتصال گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری

الزامات:

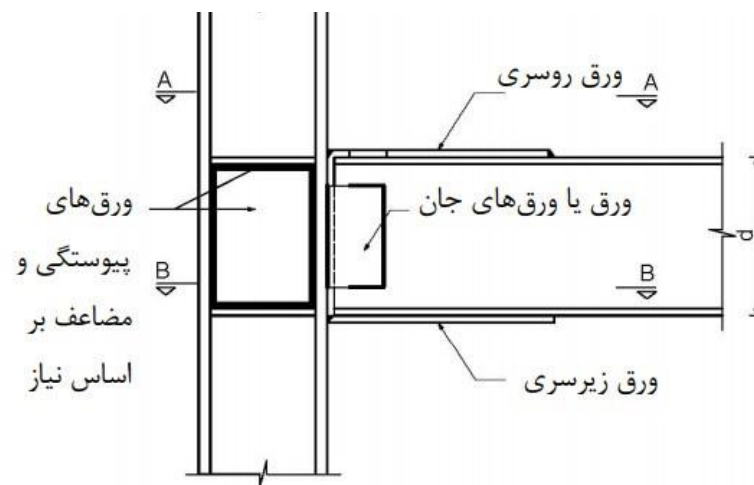
- اتصال ورق‌های روسری و زیرسری به بال ستون باید از نوع جوش شیاری با نفوذ کامل و به بال‌های تیر از نوع جوش گوشه باشد.
- عمق مقطع تیر نباید از ۹۰۰ میلی متر تجاوز نماید.
- ضخامت بال مقطع تیر نباید از ۳۰ میلی متر تجاوز نماید.
- نسبت دهانه آزاد تیر به عمق مقطع آن نباید از ۵ کمتر در نظر گرفته شود.



اتصال گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری

الزامات:

عمق مقطع ستون‌های H شکل و صلیبی در قاب‌های خمشی با دال بتنی سازه‌ای و دارای یرشگیرهای فولادی مدفون در بتن، نباید از ۹۰۰ میلی‌متر و در غیاب دال بتنی سازه‌ای از ۴۰۰ میلی‌متر تجاوز نماید. عمق و پهنای ستون‌های قوطی‌شکل ساخته‌شده از ورق نباید از ۷۰۰ میلی‌متر تجاوز نماید.



اتصال گیردار جوشی به کمک ورق‌های روسری و زیرسری

الزامات:

- ابعاد و ضخامت ورق‌های روسری و زیرسری و نیز مشخصات جوش‌های آنها به بال‌های تیر باید براساس مقاومت خمشی مورد نیاز اتصال تیر به ستون تعیین شود.
- ضریب کاهش مقاومت ϕ را می‌توان برای تعیین مشخصات جوش برابر 0.9 و برای تعیین ضخامت ورق‌های روسری و زیرسری برابر 1.0 در نظر گرفت.
- ابعاد و ضخامت ورق‌های جان و جوش آنها به بال ستون و جان تیر باید براساس مقاومت برشی مورد نیاز اتصال تیر به ستون تعیین شود.

