

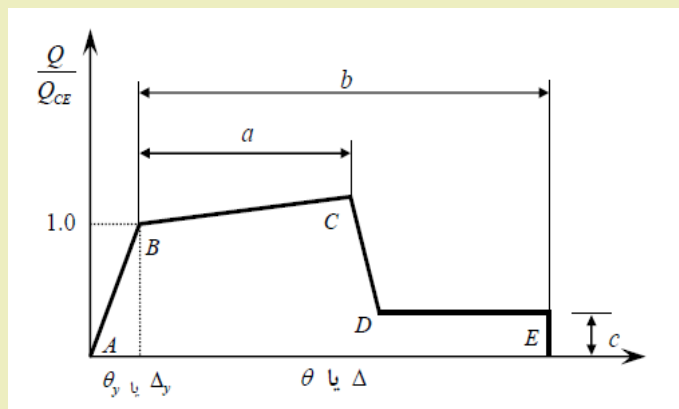
# دوره فشرده طراحی عملکردی

## ● سازه های فولادی

# سازه های فولادی: قاب خمشی

تیر: پارامترها و معیار پذیرش

$$\theta_y = \frac{Z \cdot F_{ye} \cdot L_b}{6EI_b}$$



معیارهای پذیرش					پارامترهای مدل سازی			جزء / تلاش
زاویه ی چرخش خمیری، رادین					نسبت تنش پس ماند	زاویه ی چرخش خمیری، رادین		
اعضای غیر اصلی		اعضای اصلی <sup>۱۴</sup>		کلیدی اعضا		b	a	
CP	LS	CP	LS	IO	c	b	a	
تیرها - در خمش <sup>۱۵</sup>								
۱۱ θ <sub>y</sub>	۹ θ <sub>y</sub>	۸ θ <sub>y</sub>	۶ θ <sub>y</sub>	θ <sub>y</sub>	۰/۶	۱۱ θ <sub>y</sub>	۹ θ <sub>y</sub>	الف: $\frac{h}{t_w} \leq 2.45 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}, \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.3 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
۴ θ <sub>y</sub>	۳ θ <sub>y</sub>	۳ θ <sub>y</sub>	۲ θ <sub>y</sub>	۰/۲۵ θ <sub>y</sub>	۰/۲	۶ θ <sub>y</sub>	۴ θ <sub>y</sub>	ب: $3.75 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 5.7 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ یا $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$

# سازه های فولادی: قاب خمشی

● ستون: پارامترها و معیار پذیرش

ستون‌ها - در خمشی (حول محور با مصالح)

برای  $P / P_{CL} \leq 0.2$



موسسه آموزشی و پژوهشی  
آموزش‌های تخصصی عمران و معماری

$11\theta_y$	$9\theta_y$	$8\theta_y$	$6\theta_y$	$\theta_y$	$0.6$	$11\theta_y$	$9\theta_y$	الف: $\frac{h}{t_w} \leq 1.76, \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.3 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
$4\theta_y$	$3\theta_y$	$3\theta_y$	$2\theta_y$	$0.25\theta_y$	$0.2$	$6\theta_y$	$4\theta_y$	ب: $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ یا $2.7 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 4.4 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$

پ: مقادیر  $\frac{b_f}{2t_f}$  یا  $\frac{h}{t_w}$  بین مقادیر داده شده در ردیف الف و ب

با استفاده از درون‌یابی خطی و کوچک‌ترین مقدار حاصل

ت:  $\frac{h}{t_w} \geq 4.4 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}, \frac{b_f}{2t_f} \geq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$

رفتار نیروکنترل

برای  $0.2 < P / P_{CL} \leq 0.50$

$4$	$6$	$3$	$5$	$0.25\theta_y$	$0.2$	$4$	$3$	الف: $\frac{h}{t_w} \leq 1.52 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}, \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.3 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
$1/2\theta_y$	$1/2\theta_y$	$0.8\theta_y$	$0.5\theta_y$	$0.25\theta_y$	$0.2$	$1/5\theta_y$	$\theta_y$	ب: $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ یا $2.34 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 3.8 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$

پ: مقادیر  $\frac{b_f}{2t_f}$  یا  $\frac{h}{t_w}$  بین مقادیر داده شده در ردیف الف و ب

با استفاده از درون‌یابی خطی و کوچک‌ترین مقدار حاصل

ت:  $\frac{h}{t_w} \geq 3.8 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}, \frac{b_f}{2t_f} \geq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$

رفتار نیروکنترل

برای  $P / P_{CL} \leq 0.2$



موسسه آموزشی و پژوهشی  
آموزش‌های تخصصی عمران و معماری

$11\theta_y$	$9\theta_y$	$8\theta_y$	$6\theta_y$	$\theta_y$	$0.6$	$11\theta_y$	$9\theta_y$	الف: $\frac{h}{t_w} \leq 1.76, \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.3 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
$4\theta_y$	$3\theta_y$	$3\theta_y$	$2\theta_y$	$0.25\theta_y$	$0.2$	$6\theta_y$	$4\theta_y$	ب: $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ یا $2.7 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 4.4 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$

$\theta_y = \frac{Z \cdot F_{ye} \cdot L_c}{6EI_c} \left( 1 - \frac{P}{P_{ye}} \right)$	با استفاده از	پ: مقادیر $\frac{h}{t_w}$ یا $\frac{b_f}{2t_f}$ بین مقادیر داده شده در ردیف الف و ب
		ت: $\frac{h}{t_w} \geq 4.4 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}, \frac{b_f}{2t_f} \geq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$

برای  $0.2 < P / P_{CL} \leq 0.50$

$4$	$6$	$3$	$5$	$0.25\theta_y$	$0.2$	$4$	$3$	الف: $\frac{h}{t_w} \leq 1.52 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}, \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.3 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
$1/2\theta_y$	$1/2\theta_y$	$0.8\theta_y$	$0.5\theta_y$	$0.25\theta_y$	$0.2$	$1/5\theta_y$	$\theta_y$	ب: $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ یا $2.34 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 3.8 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$

با استفاده از درون‌یابی خطی و کوچک‌ترین مقدار حاصل	پ: مقادیر $\frac{h}{t_w}$ یا $\frac{b_f}{2t_f}$ بین مقادیر داده شده در ردیف الف و ب
رفتار نیروکنترل	ت: $\frac{h}{t_w} \geq 3.8 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}, \frac{b_f}{2t_f} \geq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$



موسسه آموزشی و پژوهشی  
آموزشهای تخصصی عمران و معماری

$11\theta_y$	$9\theta_y$	$8\theta_y$	$6\theta_y$	$\theta_y$
$4\theta_y$	$3\theta_y$	$3\theta_y$	$2\theta_y$	$0.25\theta_y$

$$\theta_y = \frac{Z \cdot F_{ye} \cdot L_c}{6EI_c} \left( 1 - \frac{P}{P_{ye}} \right)$$

$4$	$6$	$8$	$11$	$0.25\theta_y$	$0.2$	$3$	$9$
$1/2\theta_y$	$1/2\theta_y$	$0.8\theta_y$	$0.5\theta_y$	$0.25\theta_y$	$0.2$	$1/5\theta_y$	$\theta_y$

با استفاده از درون‌یابی خطی و کوچک‌ترین مقدار حاصل

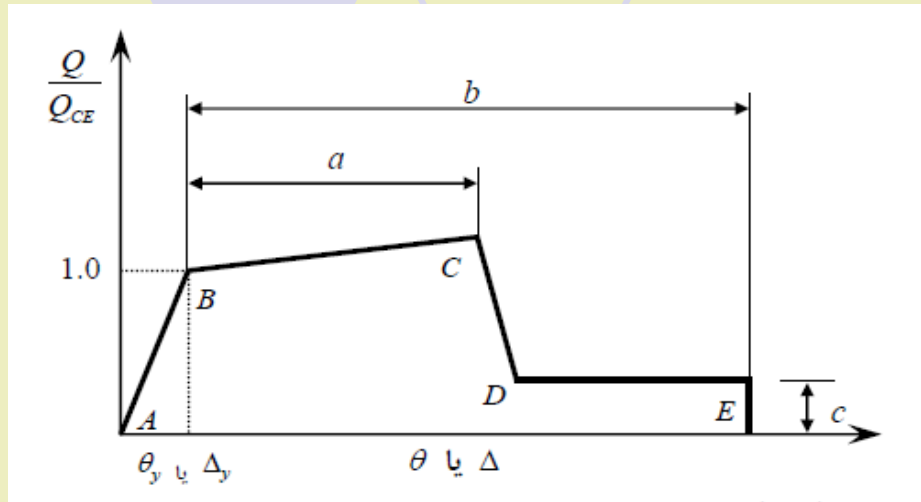
رفتار نیروکنترل

- ۳-  $11(1 - 1.7P/P_{CL})\theta_y$
- ۴-  $17(1 - 1.7P/P_{CL})\theta_y$
- ۵-  $8(1 - 1.7P/P_{CL})\theta_y$
- ۶-  $14(1 - 1.7P/P_{CL})\theta_y$

- ستون‌ها - در خمشر
- برای  $P_{CL} \leq 0.2$
- الف:  $\leq 0.3 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
- ب:  $\frac{h}{t_w} \leq \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
- پ: مقادیر  $\frac{h}{t_w}$  یا  $\frac{b_f}{2t_f}$
- ت:  $\geq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
- برای  $P_{CL} \leq 0.50$

- الف:  $\frac{h}{t_w} \leq 1.52 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$  ,  $\frac{b_f}{2t_f} \leq 0.3 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
- ب:  $2.34 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 3.8 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$  یا  $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
- پ: مقادیر  $\frac{h}{t_w}$  یا  $\frac{b_f}{2t_f}$  بین مقادیر داده‌شده در ردیف الف و ب
- ت:  $\frac{h}{t_w} \geq 3.8 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$  ,  $\frac{b_f}{2t_f} \geq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$

# مقاومت خمشی مدل



تیر

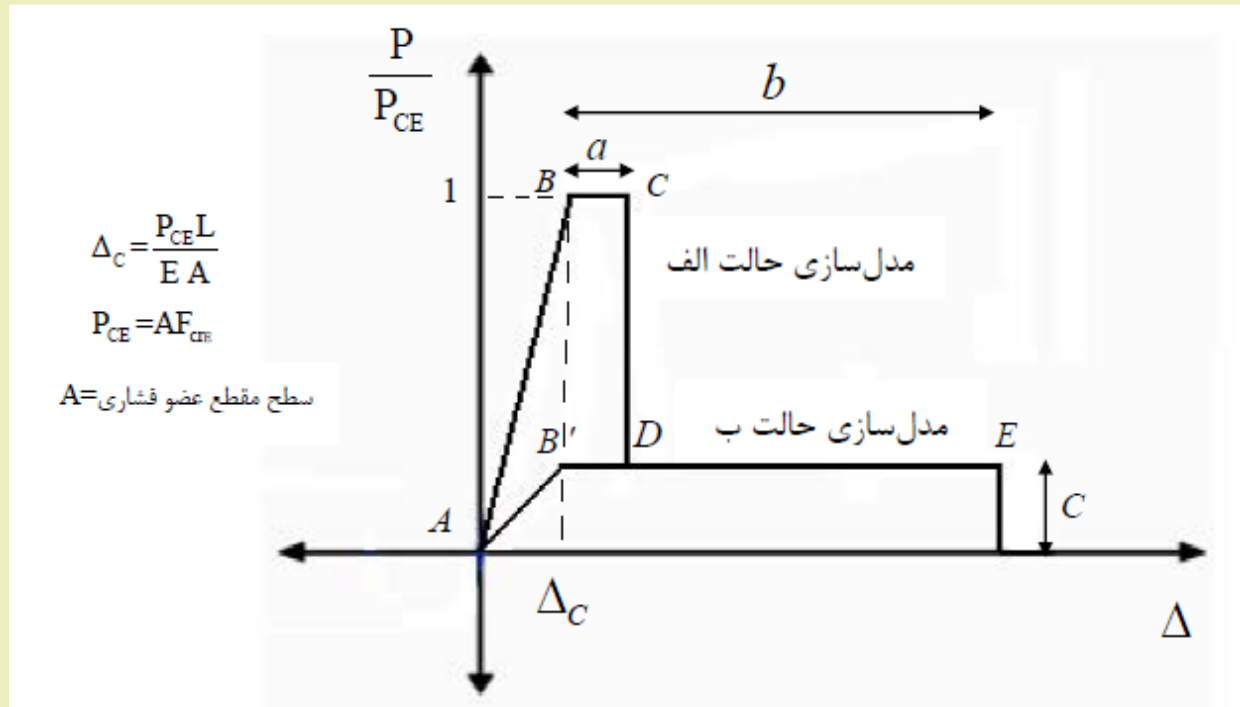
$$Q_{CE} = M_{CE} = ZF_{ye}$$

ستون

$$Q_{CE} = M_{CE} = 1.18ZF_{ye} \left[ 1 - \frac{P}{P_{ye}} \right] \leq ZF_{ye}$$

شیب BC برابر ۳٪ بخش ارتجاعی

# قاب با مهار بند همگرا



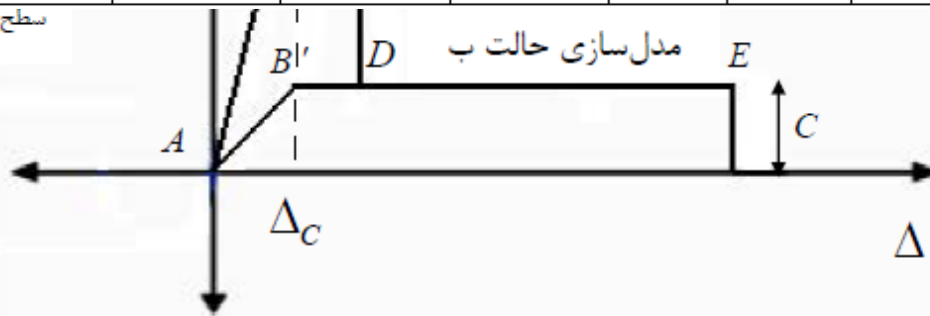
$$\Delta_t = \frac{F_{ye} \cdot L}{E}$$

$$\Delta_c = \frac{P_{CE} \cdot L}{EA}$$



معیارهای پذیرش					پارامترهای مدل‌سازی <sup>۲</sup>			جزء / تالاشی
تغییر شکل خمیری					نسبت تنش پس ماند	تغییر شکل خمیری		
اعضای غیر اصلی		اعضای اصلی <sup>۶</sup>		کلیه ی اعضا				
CP	LS	CP	LS	IO	c	b	a	
$۷ \Delta_T$	$۶ \Delta_T$	$۵ \Delta_T$	$۳ \Delta_T$	$۰/۲۵ \Delta_T$	۱/۰	$۷ \Delta_T$	$۵ \Delta_T$	تیرها و ستون‌ها در کشش (به استثنای تیر و ستون‌های قاب با مهاربندی واگرا)
مهاربند فشاری (به استثنای مهاربندهای واگرا) <sup>۵</sup>								
								برای $\frac{Kl}{r} \geq 4.2 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
$۱۰/۰ \Delta_C$	$۸/۰ \Delta_C$	$۸/۰ \Delta_C$	$۶/۰ \Delta_C$	$۰/۲۵ \Delta_C$	۰/۳	$۱۰ \Delta_C$	$۰/۵ \Delta_C$	الف: زوج نبشی و زوج ناودانی کمانش داخل صفحه <sup>۲</sup>
$۹/۰ \Delta_C$	$۷/۰ \Delta_C$	$۷/۰ \Delta_C$	$۵/۰ \Delta_C$	$۰/۲۵ \Delta_C$	۰/۳	$۹ \Delta_C$	$۰/۵ \Delta_C$	ب: زوج نبشی و زوج ناودانی کمانش خارج صفحه <sup>۲</sup>
$۱۰/۰ \Delta_C$	$۸/۰ \Delta_C$	$۸/۰ \Delta_C$	$۶/۰ \Delta_C$	$۰/۲۵ \Delta_C$	۰/۳	$۱۰ \Delta_C$	$۰/۵ \Delta_C$	پ: مقطع Z یا I
$۹/۰ \Delta_C$	$۷/۰ \Delta_C$	$۷/۰ \Delta_C$	$۵/۰ \Delta_C$	$۰/۲۵ \Delta_C$	۰/۳	$۹ \Delta_C$	$۰/۵ \Delta_C$	ت: مقطع قوطی و مقاطع لوله‌ای شکل

سطح مقطع عضو فشاری A=



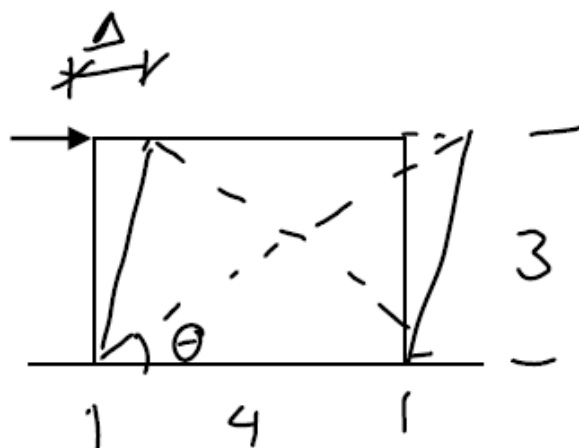
$$\Delta_c = \frac{PE \cdot L}{EA}$$

معیارهای پذیرش					پارامترهای مدل سازی <sup>۲،۱</sup>			جزء / تالاش
تغییر شکل خمیری					نسبت تنش پس ماند	تغییر شکل خمیری		
اعضای غیر اصلی		اعضای اصلی <sup>۶</sup>		کلیه ی اعضا				
CP	LS	CP	LS	IO	c	b	a	
$۷ \Delta_T$	$۶ \Delta_T$	$۵ \Delta_T$	$۳ \Delta_T$	$-۰/۲۵ \Delta_T$	۱/۰	$۷ \Delta_T$	$۵ \Delta_T$	تیرها و ستون ها در کشش (به استثنای تیر و ستون های قاب با مهاربندی واگرا)
مهاربند فشاری (به استثنای مهاربندهای واگرا) <sup>۵</sup>								
								برای $\frac{Kl}{r} \geq 4.2 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
$۱۰/۰ \Delta_C$	$۸/۰ \Delta_C$	$۸/۰ \Delta_C$	$۶/۰ \Delta_C$	$-۰/۲۵ \Delta_C$	-۰/۳	$۱۰ \Delta_C$	$-۰/۵ \Delta_C$	الف : زوج نبشی و زوج ناودانی کمانش داخل صفحه <sup>۲</sup>
$۹/۰ \Delta_C$	$۷/۰ \Delta_C$	$۷/۰ \Delta_C$	$۵/۰ \Delta_C$	$-۰/۲۵ \Delta_C$	-۰/۳	$۹ \Delta_C$	$-۰/۵ \Delta_C$	ب : زوج نبشی و زوج ناودانی کمانش خارج صفحه <sup>۲</sup>
$۱۰/۰ \Delta_C$	$۸/۰ \Delta_C$	$۸/۰ \Delta_C$	$۶/۰ \Delta_C$	$-۰/۲۵ \Delta_C$	-۰/۳	$۱۰ \Delta_C$	$-۰/۵ \Delta_C$	پ : مقطع Z یا I
								برای $\frac{Kl}{r} \leq 2.1 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
$۸ \Delta_C$	$۷ \Delta_C$	$۷ \Delta_C$	$۵ \Delta_C$	$-۰/۲۵ \Delta_C$	-۰/۵	$۸ \Delta_C$	$۱/۰ \Delta_C$	الف : زوج نبشی و زوج ناودانی کمانش داخل صفحه <sup>۲</sup>
$۷ \Delta_C$	$۶ \Delta_C$	$۶ \Delta_C$	$۴ \Delta_C$	$-۰/۲۵ \Delta_C$	-۰/۵	$۷ \Delta_C$	$۱/۰ \Delta_C$	ب : زوج نبشی و زوج ناودانی کمانش خارج صفحه <sup>۲</sup>
$۸ \Delta_C$	$۷ \Delta_C$	$۷ \Delta_C$	$۵ \Delta_C$	$-۰/۲۵ \Delta_C$	-۰/۵	$۸ \Delta_C$	$۱/۰ \Delta_C$	پ : مقطع Z یا I
$۷ \Delta_C$	$۶ \Delta_C$	$۶ \Delta_C$	$۴ \Delta_C$	$-۰/۲۵ \Delta_C$	-۰/۵	$۷ \Delta_C$	$۱/۰ \Delta_C$	ج : مقطع قوطی و مقاطع لوله ای شکل
با استفاده از درون یابی خطی بین مقادیر داده شده برای مهاربندهای لاغر و قوی محاسبه می شود.								برای $2.1 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} < \frac{Kl}{r} < 4.2 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
$۱۳ \Delta_T$	$۱۱ \Delta_T$	$۹ \Delta_T$	$۷ \Delta_T$	$-۰/۲۵ \Delta_T$	-۰/۸	$۱۴ \Delta_T$	$۱۱ \Delta_T$	مهاربند کششی (به استثنای مهاربندهای

- چرا نشریه برای مهاربند فشاری حالت نرم (کنترل شونده توسط تغییر مکان) در نظر گرفته است؟
- شفاها برای دانشجویان تشریح شد.

## تمرین ۲۱۶

کرنش بادبندهای کششی و فشاری قاب زیر را در گریز ۱٪ محاسبه نموده و با کرنش تسلیم و کمانش مقایسه کنید. بادبندها به صورت زوج ناودانی شماره ۲۰ میباشند و طوری قرار گرفته اند که کمانش خارج از صفحه حول محور X انجام میشود.



$$\theta = \tan^{-1} \frac{3}{4} = 37^\circ$$

حل. با استفاده از رابطه فوق داریم

$$\frac{\delta d}{d} = \frac{1}{r} \sum m (r \times r \sqrt{V}) \cdot \frac{\Delta}{h} = 1.00481$$

گرنش تسلیم بادبند برابر است با

$$\frac{\Delta_t}{L} = \frac{F_{ye}}{E} = \epsilon_{ye} = 1.1 \epsilon_y = 1.1 \times 1200 \times 10^{-6} = 1.00132$$

$$\therefore \frac{\delta d / d}{\Delta_t / L} = \frac{1.00481}{1.00132} = 3.74$$

ملاحظه میشود که در گریز ۱٪ بادبند کششی به اندازه ۳/۶ برابر حد تسلیم کشیده شده است. برای بادبند فشاری داریم

$$\lambda = \frac{Kp}{r} = \frac{0.177 \times 50.0}{7.7} = 11.38$$

برای این ضریب لاغری از جدول موم تنش فشاری مجاز  $F_{as}$  برابر ۱۱۹۶ ک/سم بدست می آید و

$$\Sigma_c = \frac{\Delta_c}{L} = \frac{1.77 F_{as}}{E} = \frac{1.77 \times 1196}{2 \times 10^6} = 0.001017$$

$$\frac{0.001017 \times 11.38}{0.001017} = 11.6$$

ملاحظه میشود که کرنش بادبند فشاری در گریز ۱٪ مساوی ۴/۷۳ برابر کرنش کمانش شده است در حالی که کرنش بادبند کششی در همین گریز ۳/۶۴ برابر کرنش تسلیم میباشد. این نشان میدهد که وضع بادبند فشاری وخیم تر است. با در نظر گرفتن ضوابط نشریه ۳۶۰ که حد پذیرش را برای بادبند کششی ۷ برابر کرنش تسلیم، و برای بادبند فشاری ۴ برابر کرنش کمانش در نظر گرفته است وخامت وضعیت بادبند فشاری دو چندان میشود. از این رو، در طراحی عملکردی بادبند ضربدری، معمولاً بادبند فشاری خیلی قبل از بادبند کششی به آستانه فروریزی میرسد.

ملاحظه میشود که کرنش بادبند فشاری در گریز ۱٪ مساوی  $4/73$  برابر کرنش کمانش شده است در حالی که کرنش بادبند کششی در همین گریز  $3/64$  برابر کرنش تسلیم میباشد. این نشان میدهد که وضع بادبند فشاری وخیم تر است. با در نظر گرفتن ضوابط نشریه ۳۶۰ که حد پذیرش را برای بادبند کششی ۷ برابر کرنش تسلیم، و برای بادبند فشاری ۴ برابر کرنش کمانش در نظر گرفته است و خامت وضعیت بادبند فشاری دو چندان میشود. از این رو، در طراحی عملکردی بادبند ضربدری، معمولاً بادبند فشاری خیلی قبل از بادبند کششی به آستانه فروریزی میرسد.

# تأثیر افزایش سطح مقطع بادبند

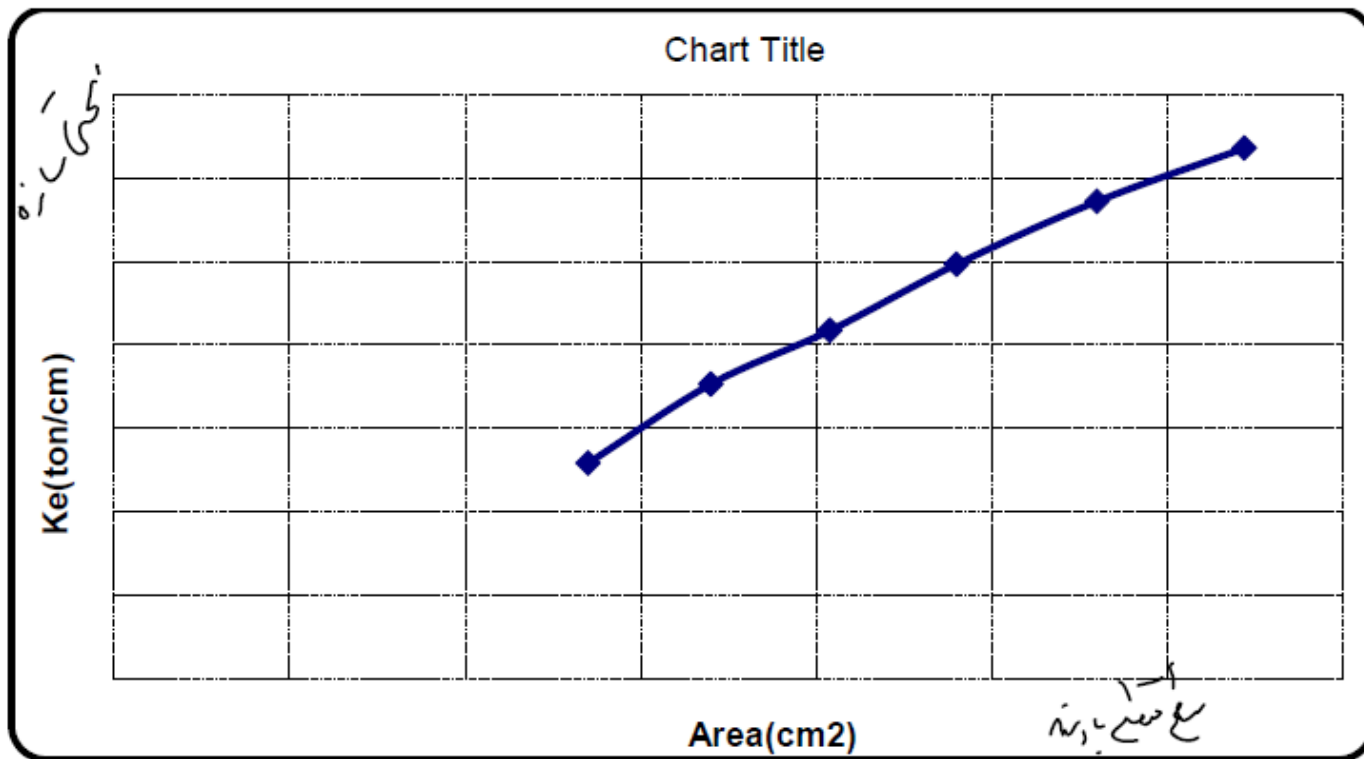
• برای بهبود عملکرد سازه میتوان تعداد دهانه های بادبندی و یا سطح مقطع بادبند در هر دهانه را افزایش داد.

• با افزایش سطح مقطع بادبند سختی سازه بطور خطی افزایش یافته و تغییر مکان هدف تقریباً بطور خطی کاهش می یابد

• حدود پذیرش تقریباً ثابت میمانند

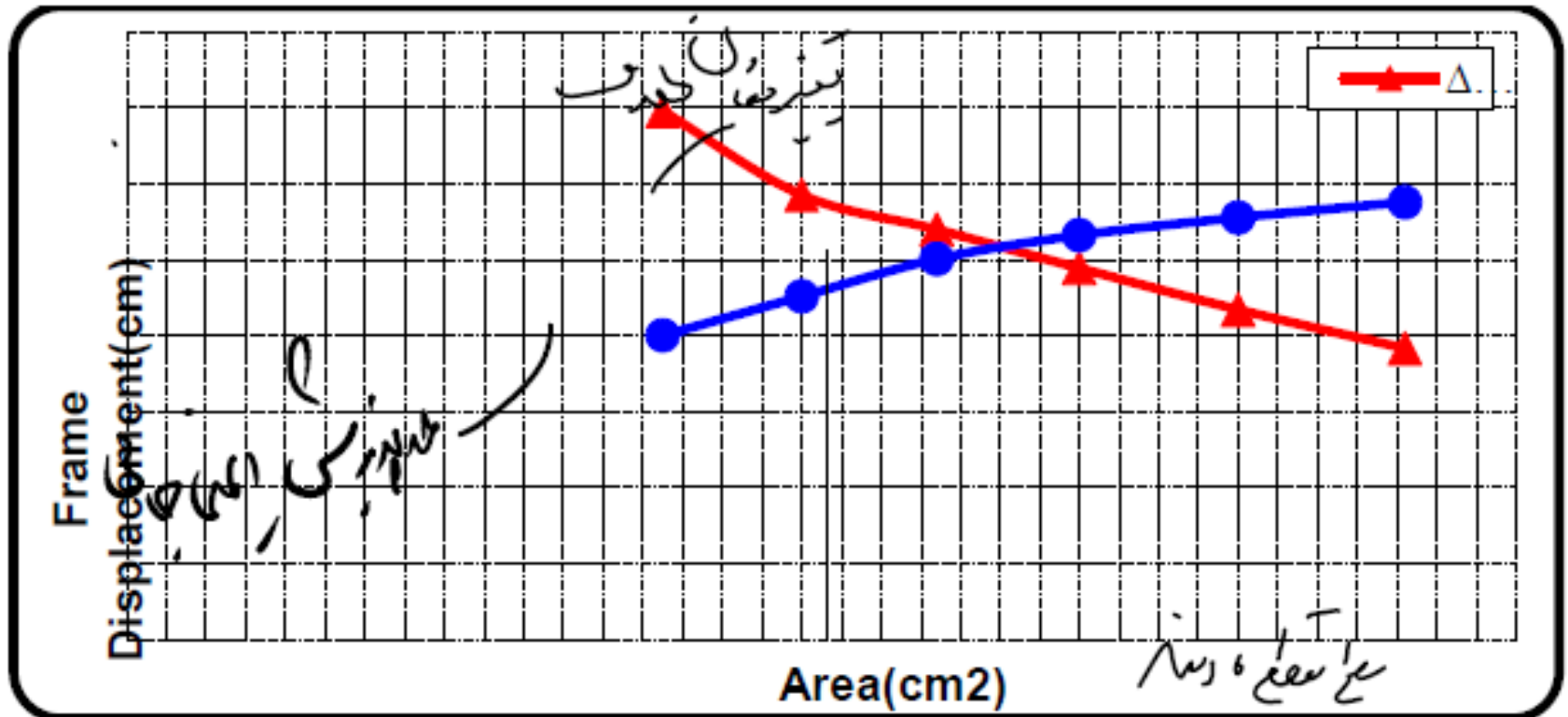


# تأثیر افزایش سطح مقطع بادبند



تأثیر سطح مقطع بادبند بر سختی

# تأثیر افزایش سطح مقطع بادبند

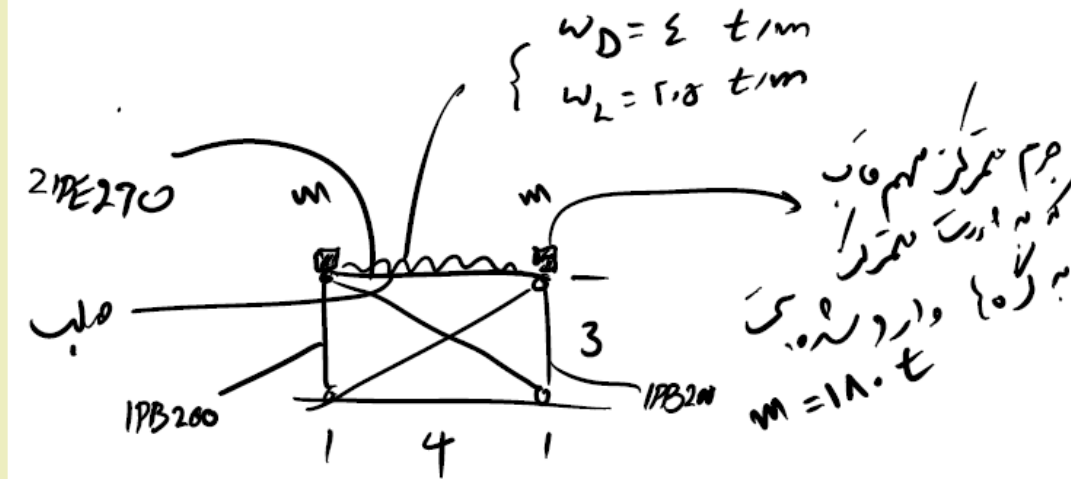


تأثیر سطح مقطع بادبند بر تغییر مکان هدف

## تمرین ۲۱۷

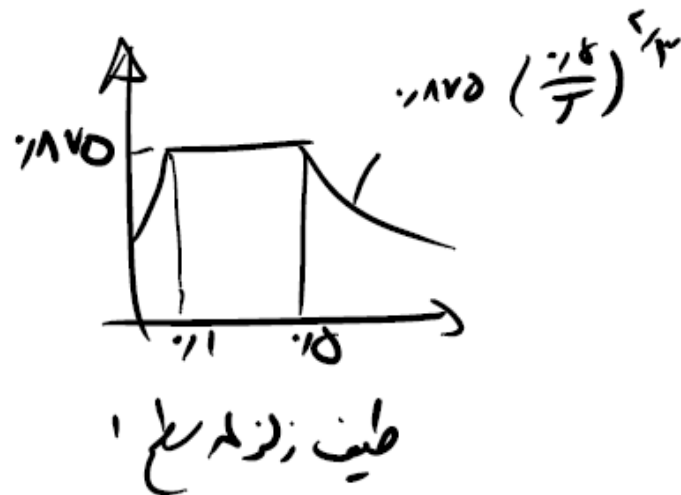
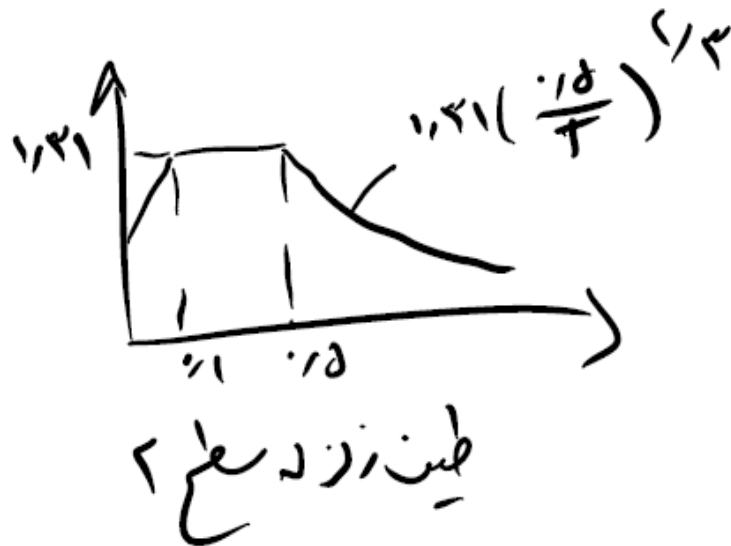
تغییر مکان هدف و تغییر مکان نظیر حد پذیرش را در قاب فولادی زیر اثر زلزله داده شده تعیین کنید.  
بادبندها به صورت متغیر از نیمرخهای زیر انتخاب شده اند:

- 1) 2UNP100
- 2) 2UNP140
- 3) 2UNP160
- 4) 2UNP180
- 5) 2UNP200



زلزله سطح خطر یک طبق طیف طرح آیین نامه ۲۸۰۰، و سطح دو ۱/۵ برابر آن میباشد. با توجه به نوع خاک و لرزه خیزی منطقه (تهران) طیفهای زیر بدست می آید.

$$A = 0.28 \quad B = S+1 = 2.5 \quad S_a = AB = 0.705$$



حل

● به جزوه رک / ص ۶۸

# قاب با اتصال خرجینی

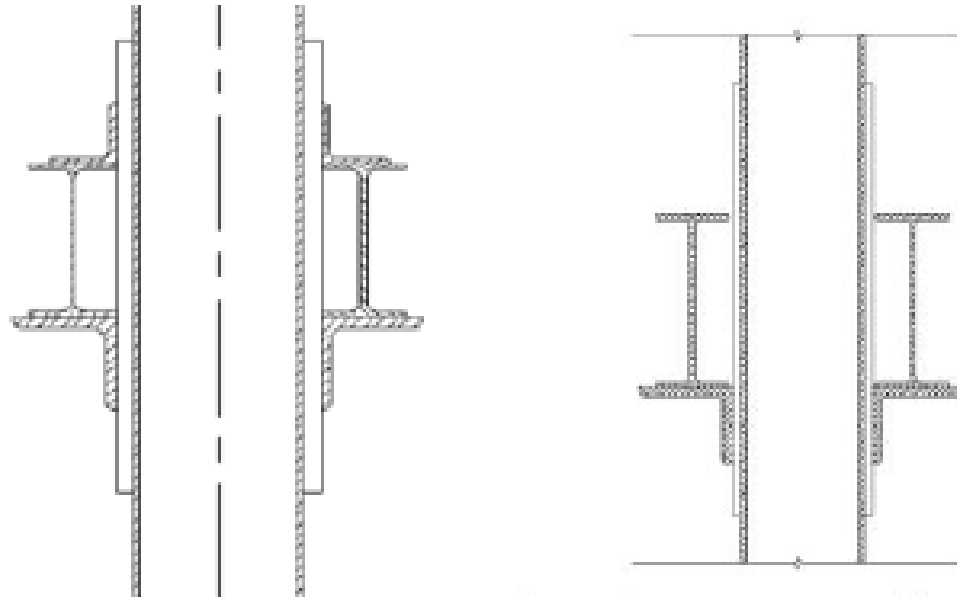
● نشریه ۳۶۰ اتصال خرجینی را به گروههای زیر تقسیم میکند:

- ۱. اتصال خرجینی سنتی با نبشی پایین
- ۲. اتصال خرجینی سنتی با نبشی بالا و پایین
- ۳. اتصال خرجینی جدید

# قاب با اتصال خرجینی

زیر تقسیم

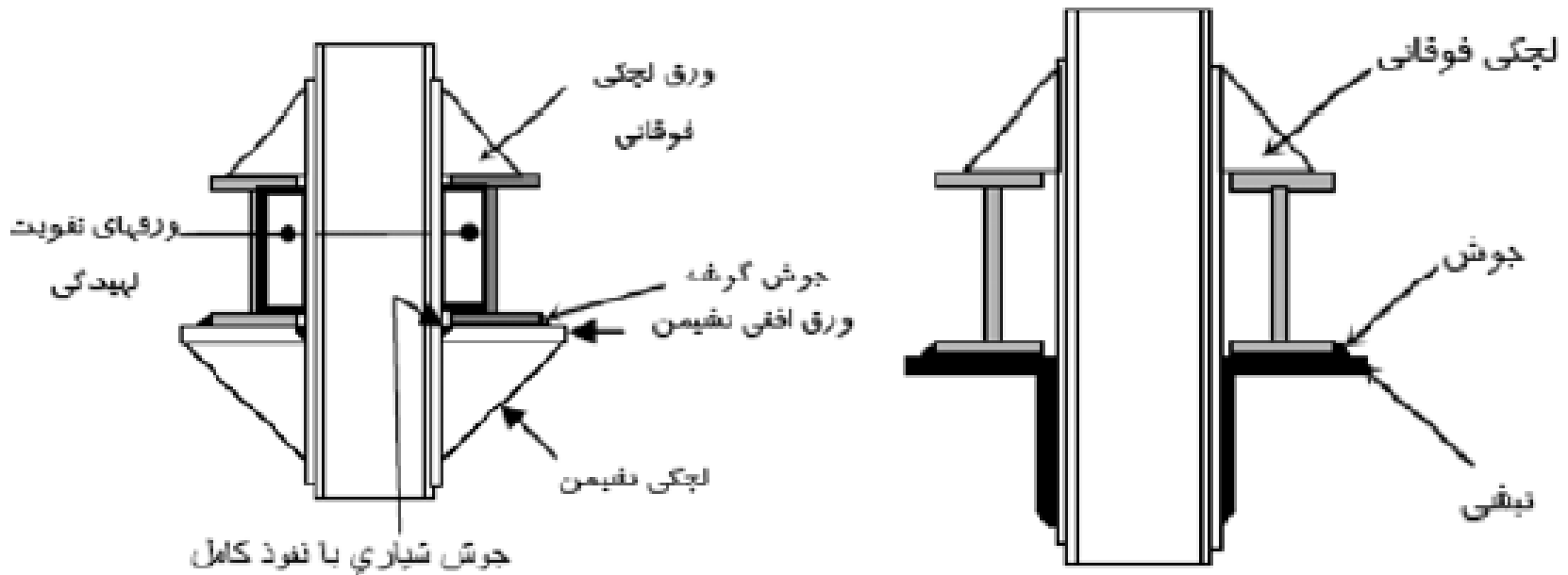
بین



اتصالات خرجینی سنتی

- نشریه
- میکند
- ۱. اتص
- ۲. اتص
- ۳. اتص

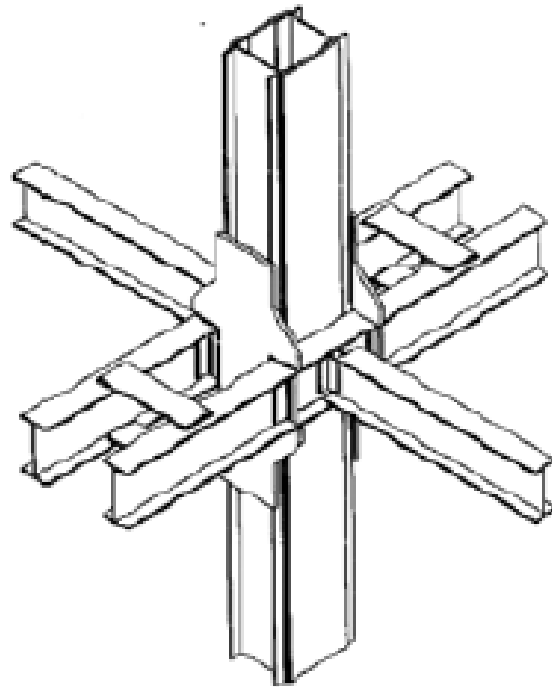
# قاب با اتصال خرجینی



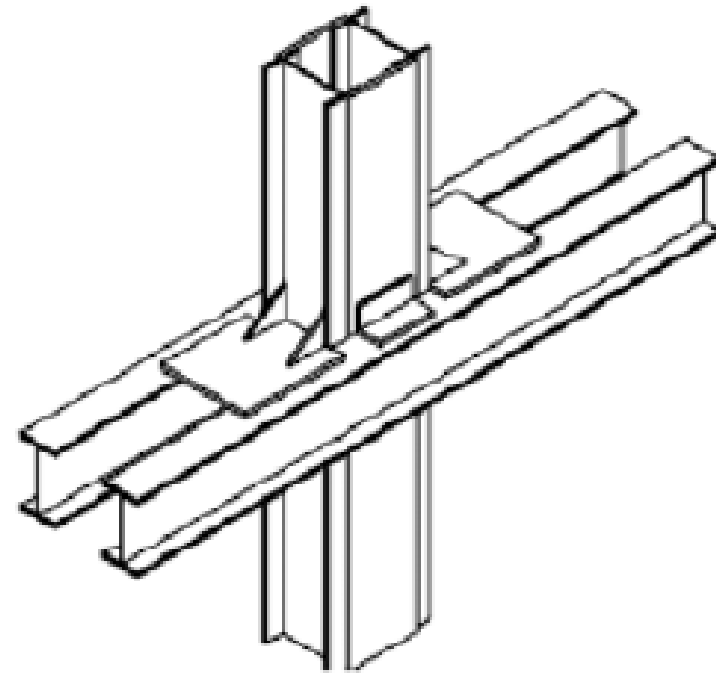
شکل (۵-۱۷): اتصالات خورجینی جدید ساده



# قاب با اتصال خرجینی



نوع ۲



نوع ۱

شکل (۵-۱۸): اتصالات خورجینی جدید خمشی

# اتصال خرجینی

● در مورد اتصال خرجینی برخی از نکات نیاز به توضیح دارد:

- نقش نبشی فوقانی در اتصال سنتی
- تفاوت عملکرد لرزه ای دو نوع اتصال سنتی
- فرق بین دو نوع اتصال ساده جدید
- تفاوت بین دو نوع اتصال گیردار جدید
- تفاوت عملکرد لرزه ای اتصالات سنتی و جدید
- نحوه مدلسازی اتصالات سنتی و جدید
- شیوه های مقاوم سازی اتصالات سنتی