



دانشکده فنی و مهندسی تهران شمال

کارشناسی ارشد مهندسی معماری

جزوه کلاسی درس سازه های نو

استاد : دکتر امیرحسین خلوتی

(ویرایش اول - بهار ۱۳۹۲)

<http://sazeh.blog.ir>

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمه:

از زحمات آقایان مهندسین علی حسن قاجار و یاشار لطفی ،
دانشجویان کارشناسی ارشد مهندسی معماری که زحمت گردآوری و
تایپ این جزوه کلاسی را بر عهده گرفتند کمال تشکر را دارم. این
نسخه اولین ویرایش جزوه کلاسی می باشد که در مدت زمان
کوتاهی جهت استفاده دانشجویان تهیه شده است. بدیهی است
مطالب تکمیلی در ویرایشهای بعدی اضافه خواهند شد. لطفا
اصلاحات و پیشنهادات تکمیلی خود را به نشانی پست الکترونیک زیر
ارسال بفرمایید.

info@khalvati.ir

۱- شناخت سیستم های سازه ای :

- انواع سازه
- پایداری سازه .
- تعریف سازه .
- سازه معین و نامعین

۲- شناخت بار های وارده بر ساختمان .(انواع بار های ثقلی ، جانبی ، محیطی و).

۳- اصول انتخاب سیستم سازه .

۴- اصول طراحی سازه .

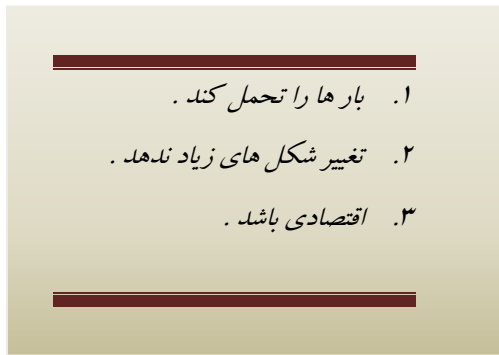
۵- سیستم های نوین ساختمانی :

- سیستم های تونلی .
- LSF.
- ورق و پوسته ای .
- قوس ها .
- خرپا ها .
-

منابع :

۱. جزوه کلاسی .
۲. مبحث ششم مقررات ملی ساختمان.
۳. درک رفتار سازه .(دکتر گلاب چی).
۴. سازه در معماری .(دکتر گلاب چی).
۵. طراحی لرزه ای برای معماران .(Seismic design for architects)
۶. سیستم های ساختمانی .(دکتر گل صورت).
۷. فن آوری های نوین ساختمانی .(دانشگاه تهران - مرکز تحقیقات ساختمان).

سازه : مجموعه ای از المان ها و اجزاکه برای تامین یک عملکرد مشخص ساخته می شود.



- ساختمانی.
- صنعتی .
- یادمان . اتصال اجزاء تا
- و }

گام به گام :

سیستم سازه انتخاب می شود.

مدل سازی.

با توجه به برنامه فیزیکی معمار.

طرح اولیه سازه و معماری (همکاری معماری و سازه).

بار گذاری.

تحلیل. (آنالیز سازه).

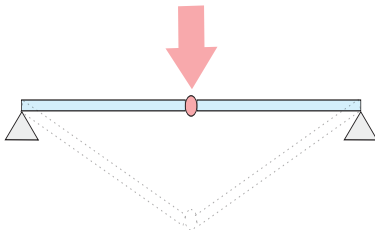
طراحی .

کنترل نیرو ها و جابجایی ها .

تعیین مقاطع

برایند نیرو ها صفر باشد $\sum F=0$

(قبلا می گفتیم مفصل نداشته باشد)



$$\sum F = m \cdot a \rightarrow a = 0 \Rightarrow \sum F = 0$$

سازه باید حتما تعادل داشته و پایدار باشد . (زیست محیطی ، انرژی و سازه ای).

سازه : سرعت = صفر $\Leftarrow$ تعادل ساکن

سرعت = ثابت $\Leftarrow$ تعادل متحرک با سرعت ثابت

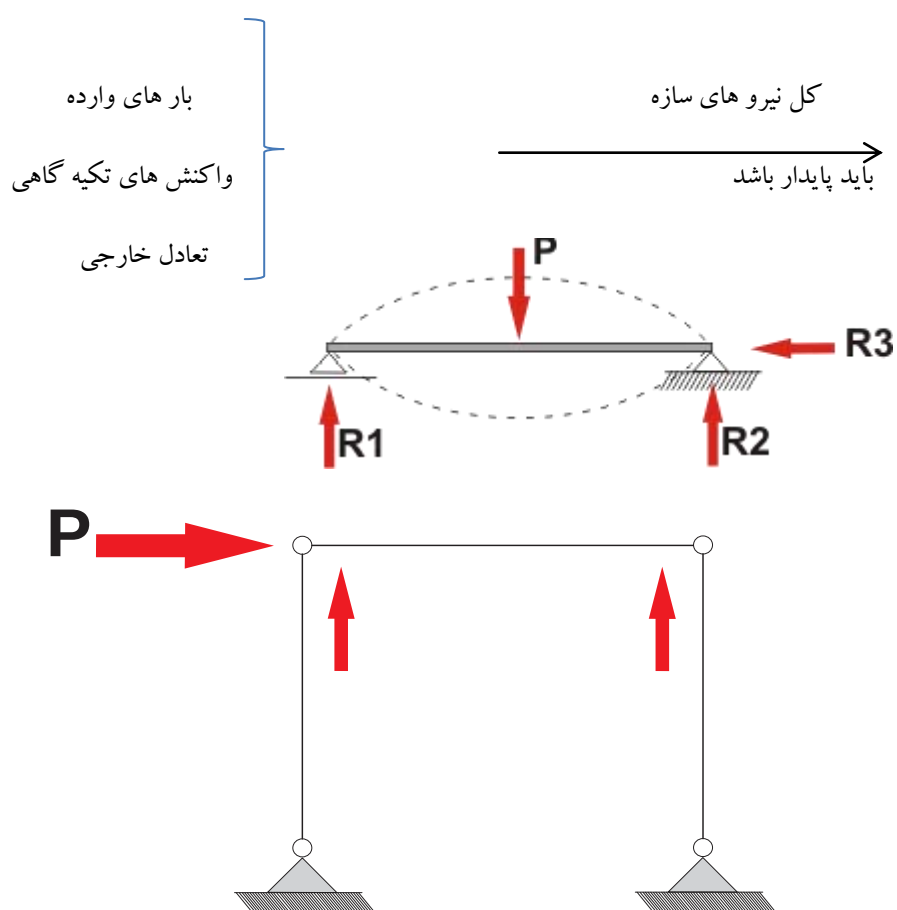
مکانیزم باید تعادل داشته باشد و پایدار باشد

حرکت انتقالی نداشته باشد $\rightarrow \Sigma F = 0$

- $\Sigma F_x = 0$
- $\Sigma F_y = 0$
- $\Sigma F_z = 0$

دوران نداشته باشد $\rightarrow \Sigma F_m = 0$

- $\Sigma m_x = 0$
- $\Sigma m_y = 0$
- $\Sigma m_z = 0$

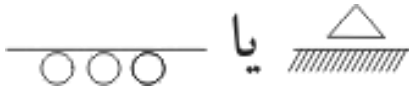


بررسی پایداری یک سیستم سازه :

اساس کار ۶ معادله است :

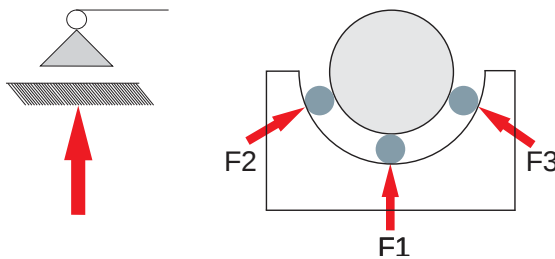
۱- تعیین بارهای ناشی از اتصال سازه به محیط (واکنش های تکیه گاهی).

اتصال سازه به محیط :

۱. غلتکی (لغزش و دوران دارد). یا 

امتداد نیرو در تکیه گاه غلتکی عمود بر سطح تماس است

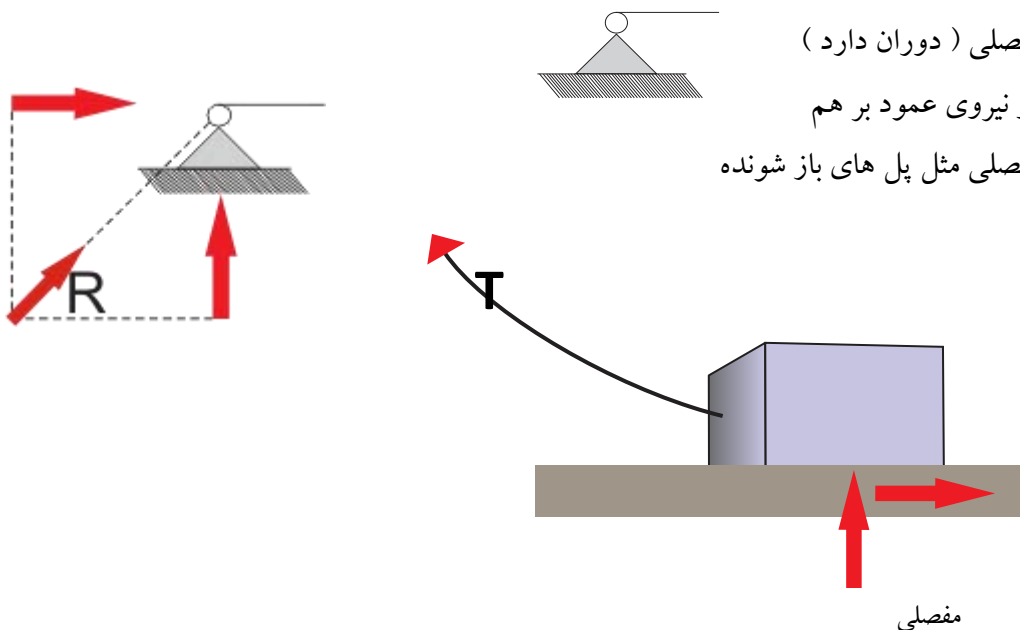
غلطکی مثل چرخ قطار روی ریل



۲. مفصلی (دوران دارد)

دو نیروی عمود بر هم

مفصلی مثل پل های باز شونده



مفصلی

۳. گیر دار (صلب).

دو نیروی عمود بر هم + لنگر



گیر دار مثل درخت ، بال هواپیما

در هر امتدادی که تغییر مکان یا دوران نقطه ای از سازه مقید شده باشد در همان امتداد نیرویی به سازه اعمال می شود .

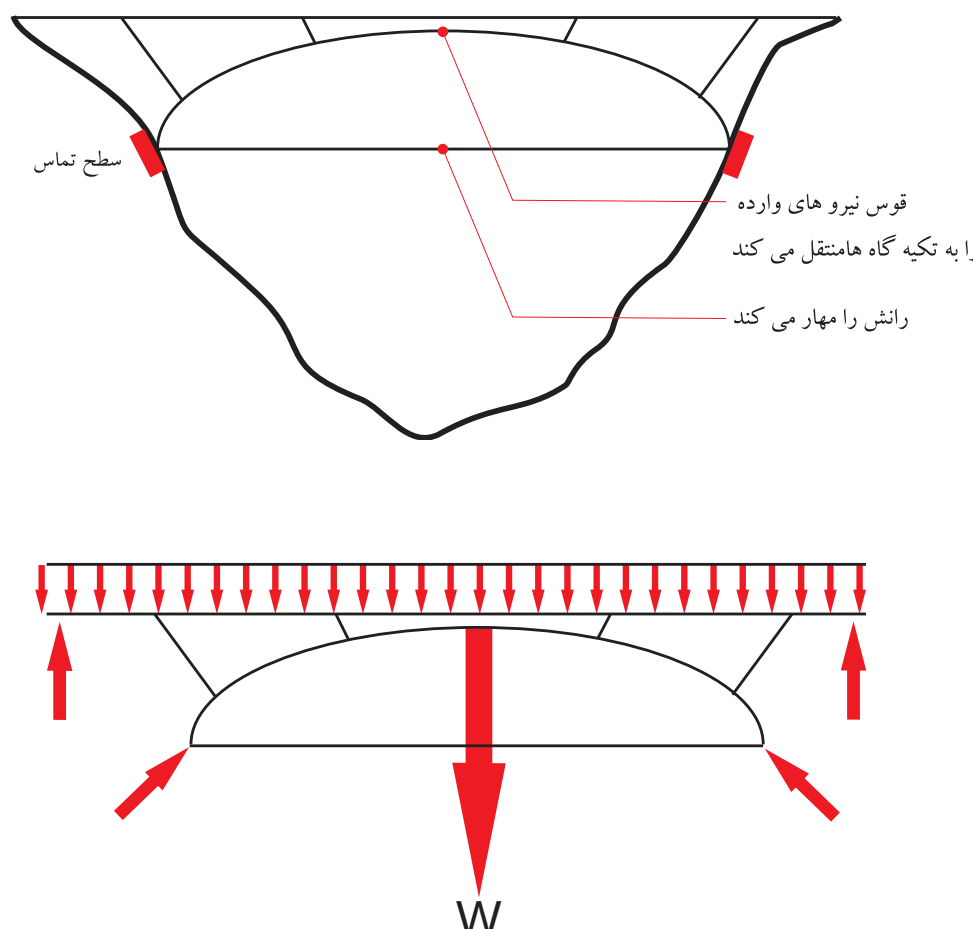
هرگونه اضافه کردن مقاطع یا اعضا در حین اجرای سازه چون منجر به ایجاد قید های اضافه در سازه می شود نیرو های پیش بینی نشده ای را به سازه اعمال میکند که چون در طراحی منظور نشده اند حتی می توانند منجر به خرابی سازه شوند.

برای بررسی پایداری و تعادل یک سیستم :

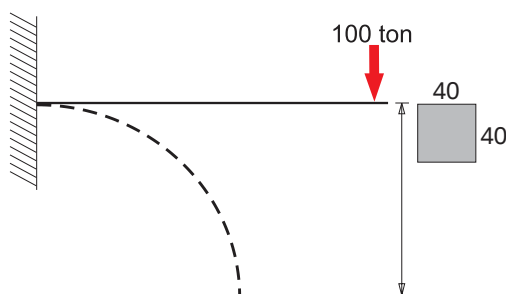
گام ۱- رسم دیاگرام آزاد جسم . (آن قطعه یا کل سازه را از محیط اطراف کامل جدا می کنیم و بعد بار ها را اعمال می کنیم که شامل بار های خارجی (نیرو های وارده) و واکنش های تکیه گاهی (اتصال به محیط) می باشند).

گام ۲- بررسی تعادل و پایداری قطعه مورد نظر .

○ دیاگرام آزاد سازه پل نشان داده شده را رسم کنید :

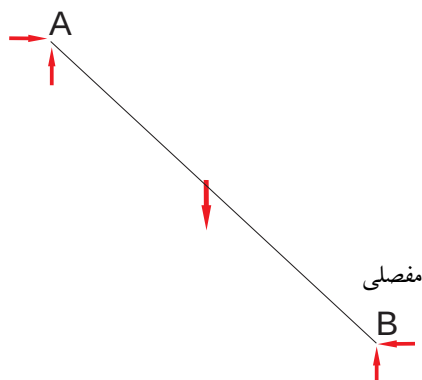
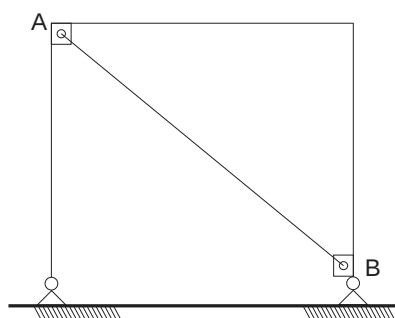
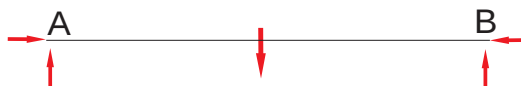
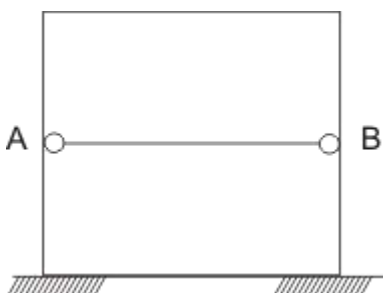
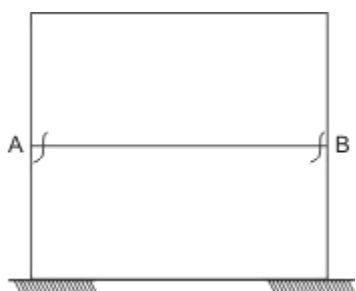


تغییر شکل زیاد به معنای ناپایداری نیست.



مثال دوم:

دیاگرام آزاد تیر AB را رسم نمایید.



$$\sum M_A = 0 \quad R_3 \times L = 0 \Rightarrow R_3 = 0$$

$$\sum M_B = 0 \quad R_2 \times L = 0 \Rightarrow R_2 = 0$$

یعنی این عنصر فقط یک نیروی محوری را میتواند تحمل کند



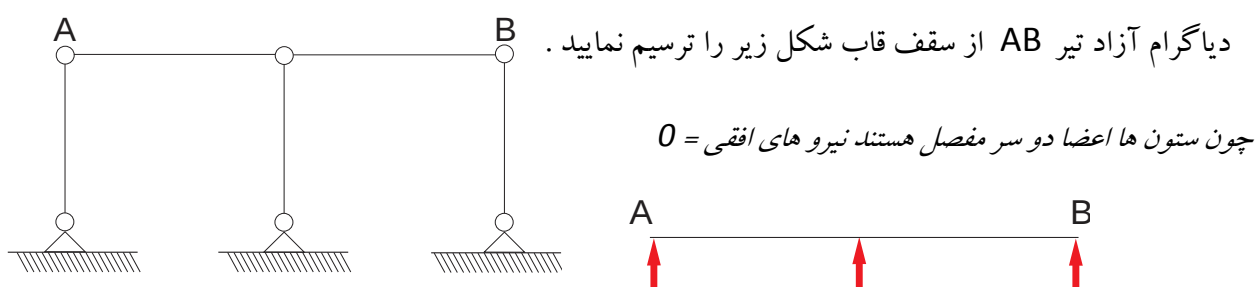
نتیجه:

معادله فوق نشان می دهد که عضو AB که در دو انتهای آن مفصل می باشد و هیچ نیرویی به غیر از نیروهای دو انتها به آن اعمال نمی شود فقط می تواند نیروی محوری تحمل کند. اصطلاحاً این اعضا را عضو دو سر مفصل می نامیم یا عضو خربایی.

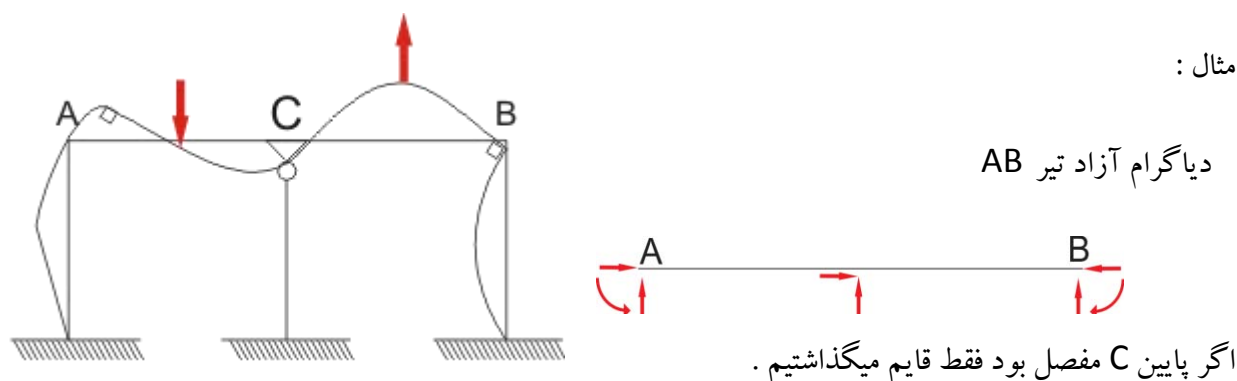
شرط عضو دو سر مفصل آن است که نیروها فقط به گره اعمال شوند.

اگر وزن را در نظر بگیریم واکنش قائم صفر نمیشود! ← $R3 \times L = -(W \times L/2)$

مثال :



مثال :



در اتصالات صلب (گیر دار) اعضای متصل به گره نسبت به یکدیگر دوران ندارند یعنی زاویه بین آنها ۹۰ درجه باقی میماند ولی در اتصالات مفصلی اعضا متصل به مفصل می توانند مستقل از هم دوران کنند، یعنی دوران نسبی آنها زیاد است.

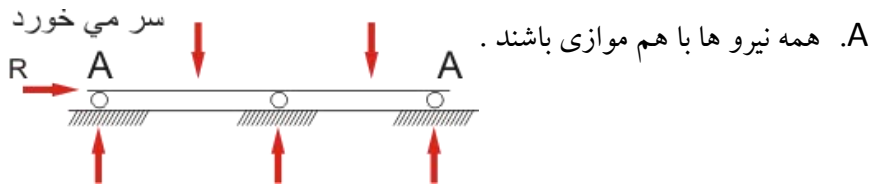
بررسی پایداری سازه :

برای بررسی پایداری اول ناپایداری را توضیح میدهیم :

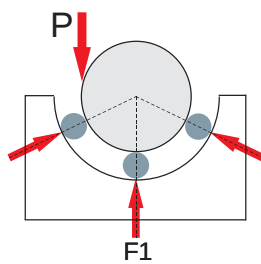
شرایط ناپایداری :

۱. **نیروی** : شرایط نیروهای اعمال شده به سازه به گونه ای باشد که نتواند نیروی

جدیدی را تحمل نماید

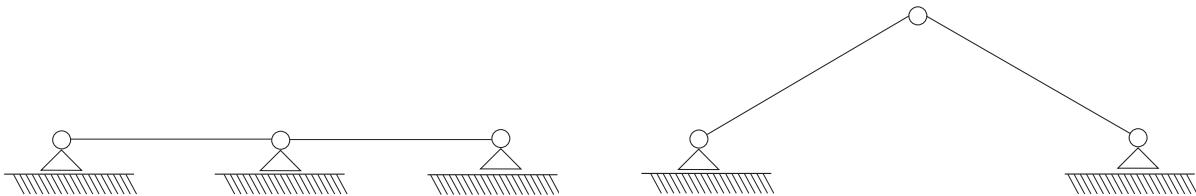


B. همه نیروها با هم متقارب باشند .



۲. **هندسی** : وجود مفاصل میانی در سازه .

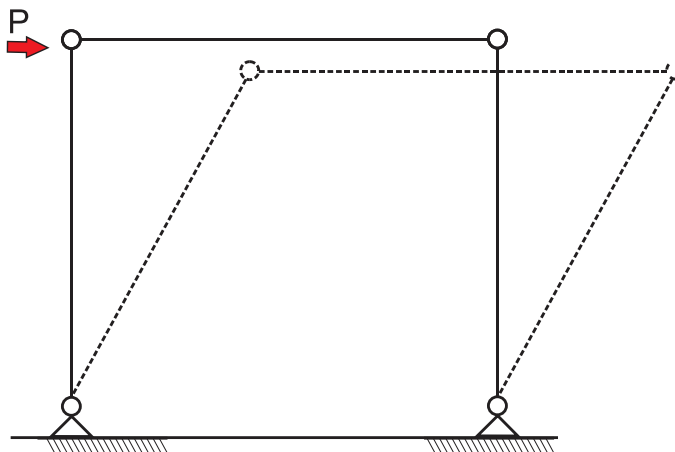
A. اگر سه مفصل در یک امتداد باشند و مفصل میانی بتواند جابجا شود .



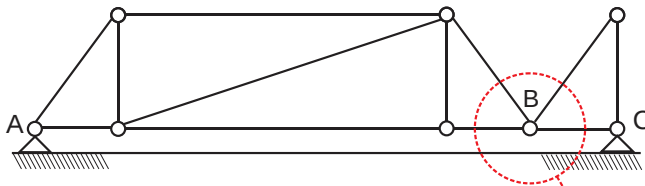
ناپایدار ناپایدار

B. چهار مفصل حداقل در چهار گوشه یک چشمه به شرطی که بتوانند

آزادانه حرکت کنند .

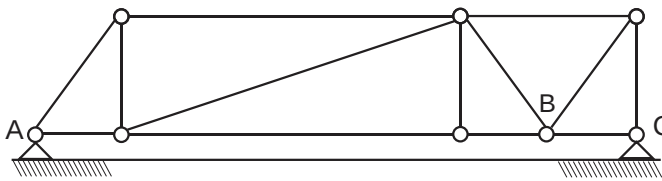


مثال : بررسی نمایید سازه های زیر پایدار می باشند یا خیر :

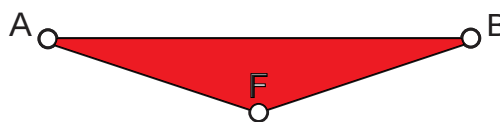
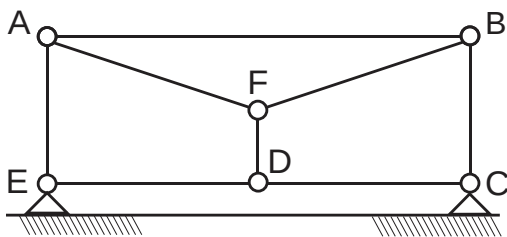


ناپایدار

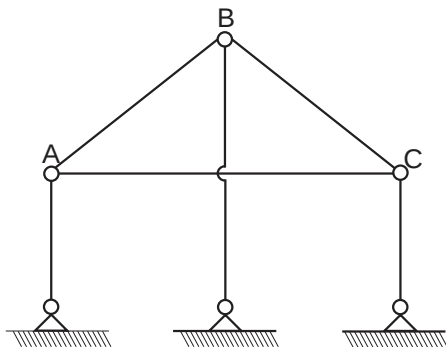
گره B می افتد پایین



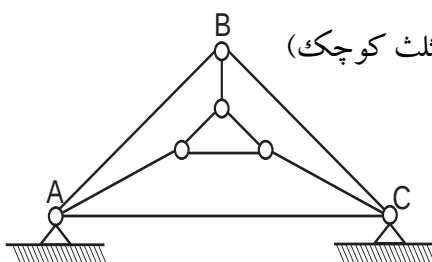
پایدار



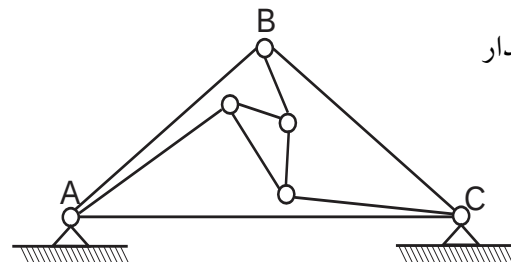
ناپایدار مثلث AFE سه عضو دو مفصلی دارد.



ناپایدار



ناپایدار (مقارب در مثلث کوچک)



پایدار

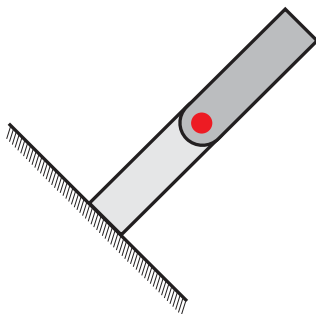
اتصال

ساده یا مفصلی

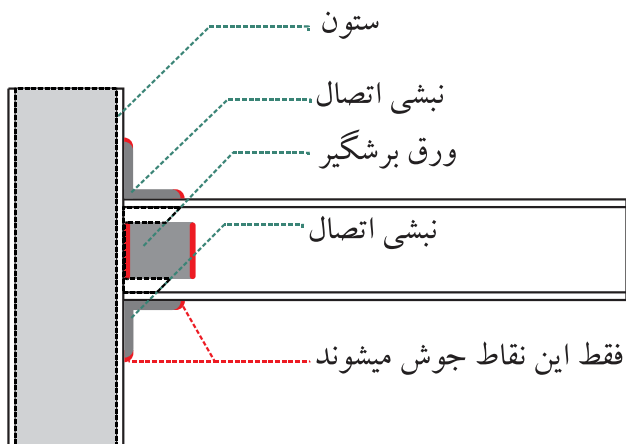
گیر دار یا صلب

اتصال ساده : تیر و ستون نسبت به هم آزادانه دوران کنند مثل قیچی . (در سازه های ساختمانی).

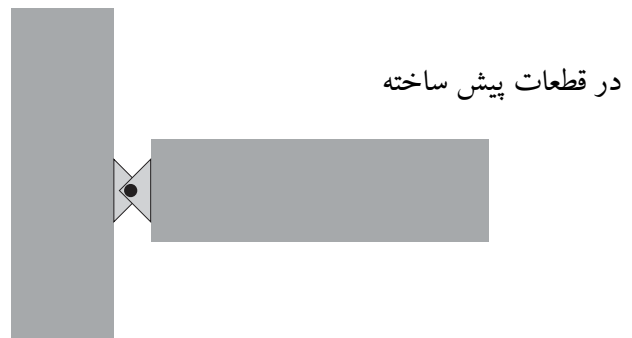
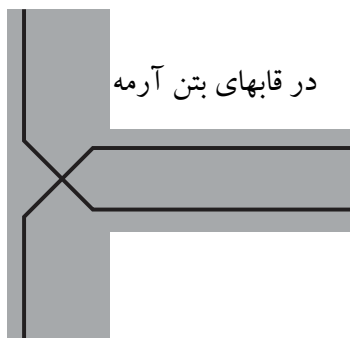
در سازه های غیر ساختمانی : لولای کامل اجرا می کنیم .

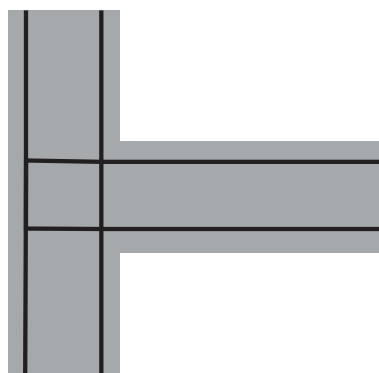
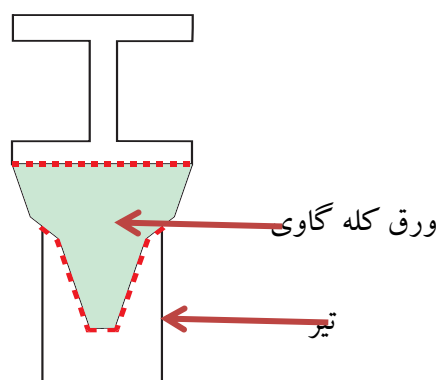
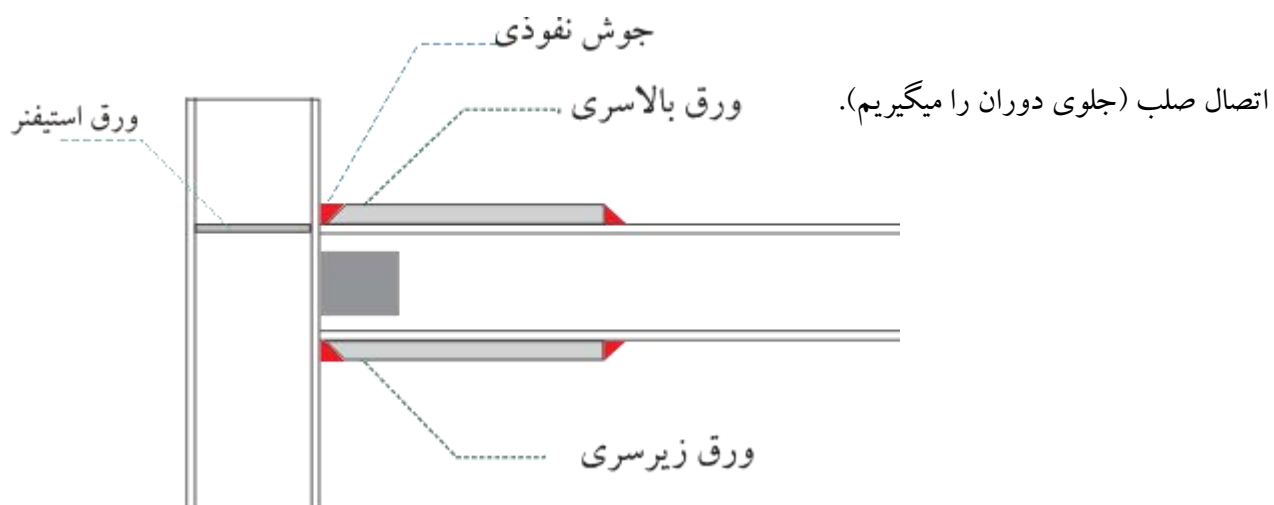


در ساختمان :

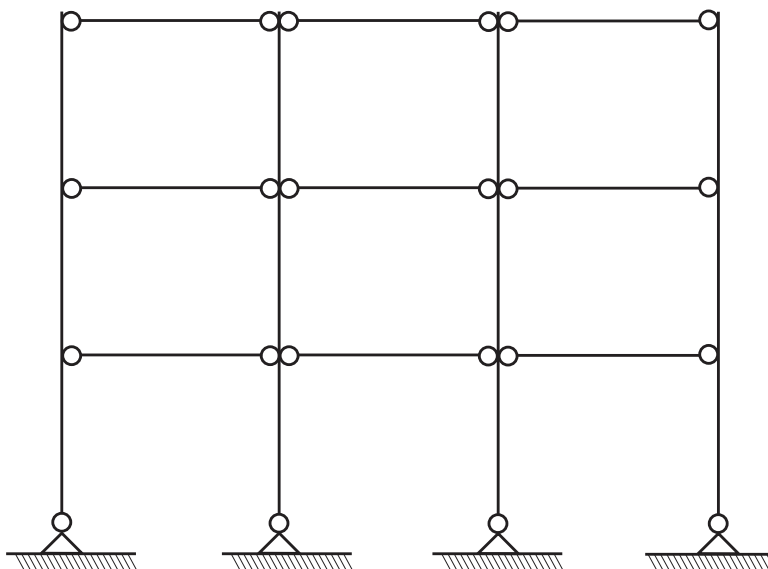


در قاب های بتن آرمه :





قابهایی که اتصالشان ساده است به تنهایی پایدار نیستند .



قاب ساده (مفصلی) Simple Frame

برای پایداری قاب ساده در اسکلت فلزی :

۱. مهار بند :

مهار بند هم محور CBF

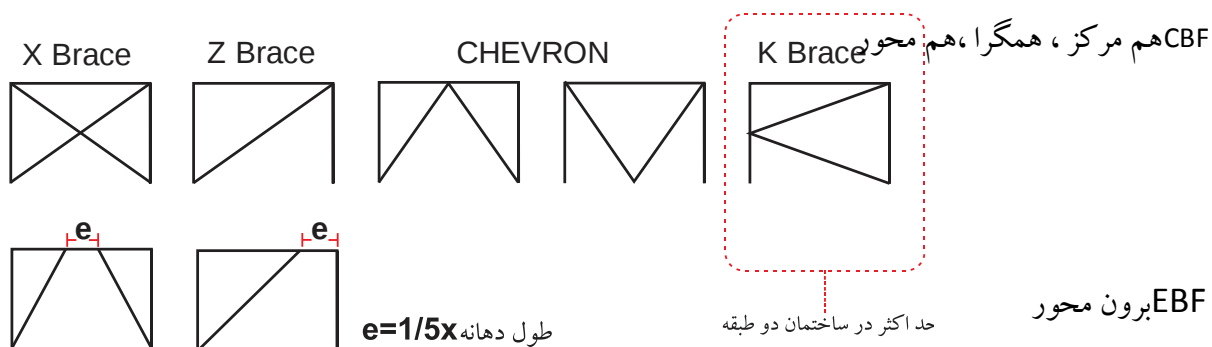
مهار بند برون محور EBF

۲. دیوار برشی فولادی

برای پایداری در اسکلت بتنی :

۱. دیوار برشی بتن آرمه .

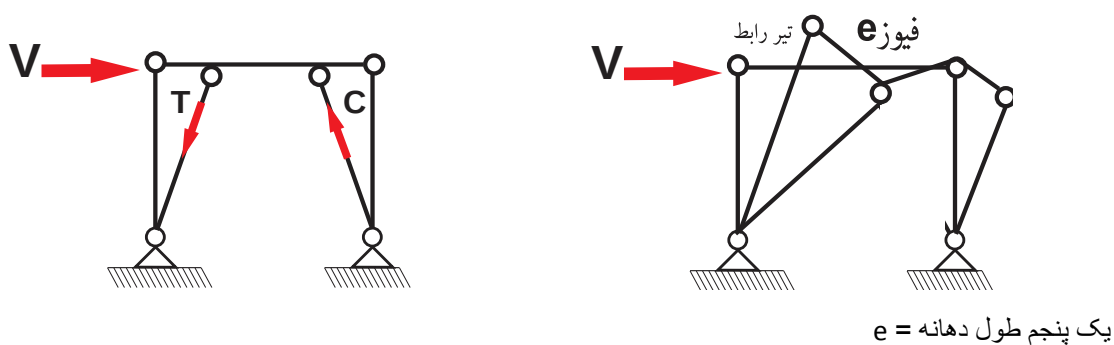
گل میخ ها در سقف کامپوزیت به دلیل دوختن بتن به تیر است به دلیل جلوگیری از خمش



■ در دهانه هایی با بادبند هم محور صرفا شکل مثلث وجود دارد ولی در باد بند های برون محور علاوه بر مثلث ، شکل چهار ضلعی نیز ایجاد می شود .



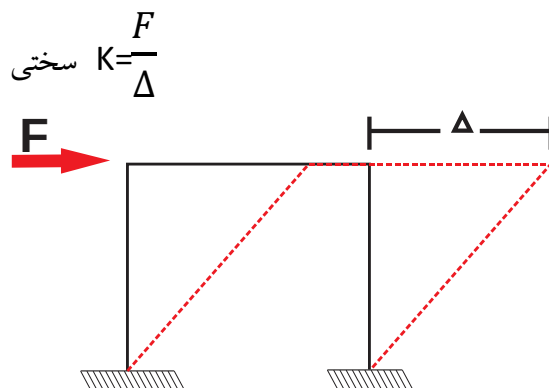
■ در باد بند های هم محور ، کمانش عضو فشاری باعث می شود این باد بند از سیستم حذف شده و سختی سازه بطور ناگهانی کاهش یابد . در این حالت وقتی سازه در سیکل برگشت انتظار دارد عضو کششی وجود داشته باشد تا بتواند نیرو های ایجاد شده را تحمل کند ، به طور ضربه ای حرکت کرده و گسیختگی ناگهانی در اتصال تیر به ستون ، عضو قطری باد بند ، خود ستون و ایجاد خواهد شد .



■ طول تیر رابط تابع ضوابط ویژه ای می باشد . اگر طول آن خیلی کم باشد سختی زیاد شده و اگر خیلی زیاد باشد سختی نیز کاهش می یابد به طوریکه تیر به راحتی دوران میکند . معمولاً توصیه می شود طول تیر رابط یک پنجم طول دهانه انتخاب شود .

■ سختی به تغییر شکل ارتباط دارد - هندسه مقطع ، شکل ، ممان اینرسی و جنس مصالح به سختی ارتباط دارد.

■ سختی بیانگر تحمل تغییر شکل در یک سازه است . هرچه سختی بیشتر تغییر شکل کمتر



$$K = \frac{F}{\Delta}$$

سختی

عوامل موثر بر سختی :

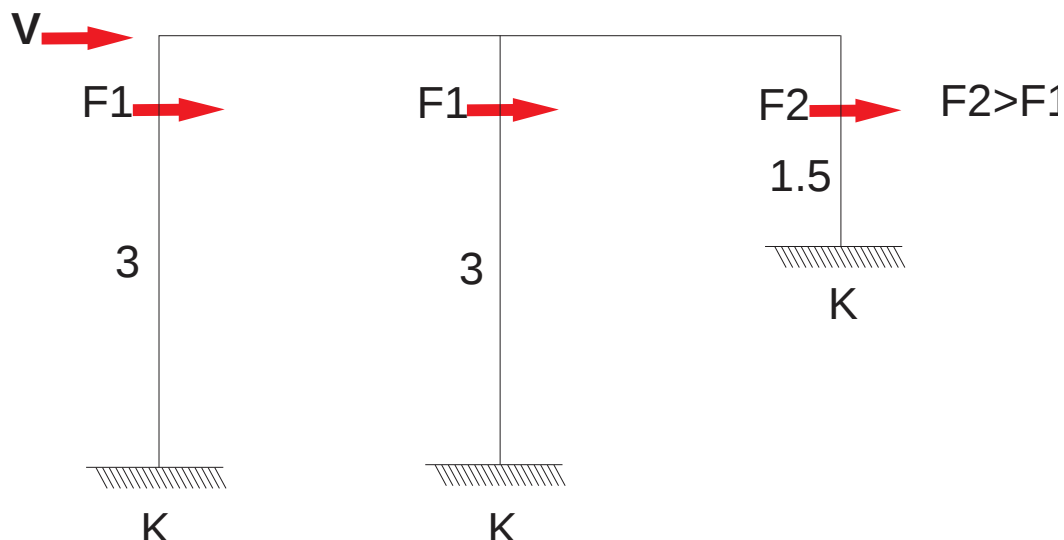
$$\frac{E.I}{L} = \text{سختی}$$

- (۱) ممان اینرسی (I)
- (۲) شکل مقطع.
- (۳) طول عضو.
- (۴) شکل هندسی سازه
- (۵) جنس (مدول الاستیسیته).
- (۶) اتصالات تکیه گاه .

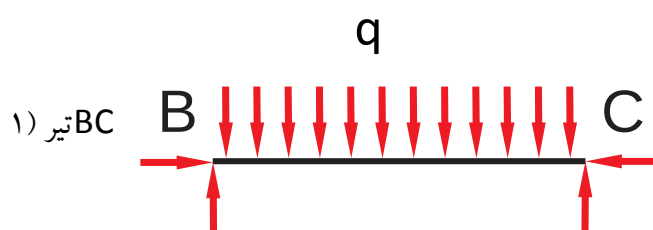
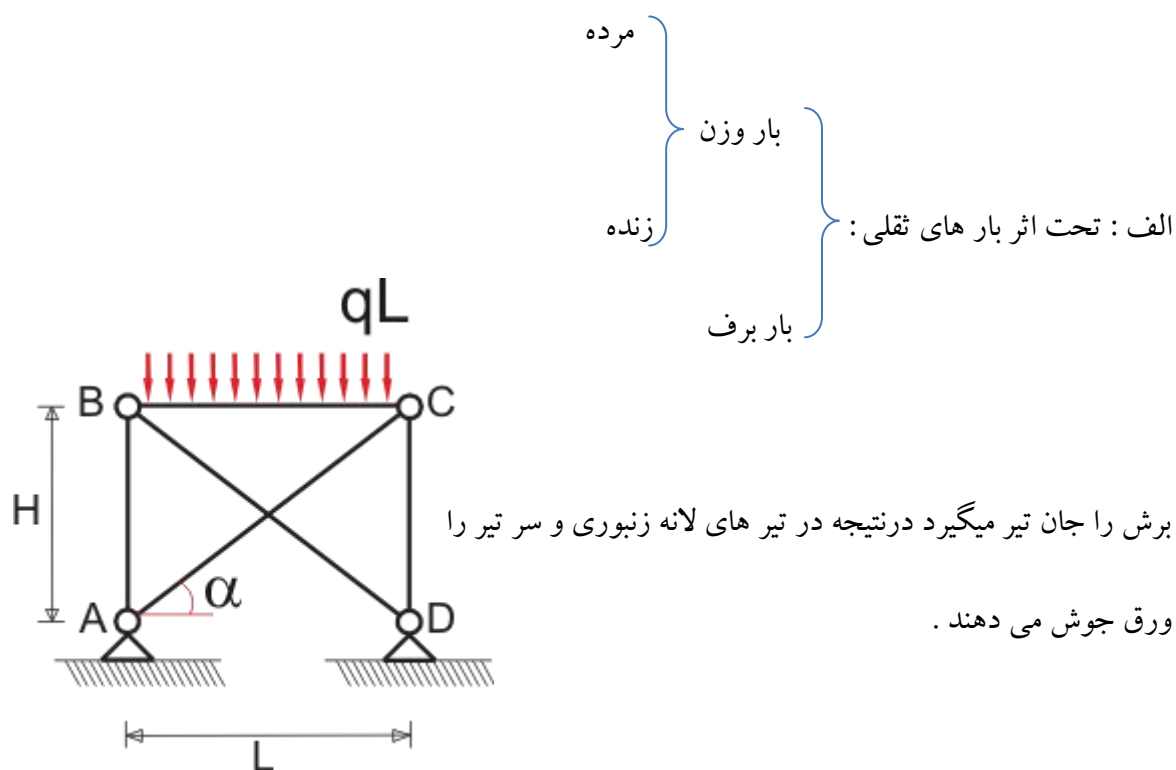
عوامل موثر بر مقاومت :

- (۱) جنس .
- (۲) مقطع (سطح مقطع) A
- (۳) ممان اینرسی .
- (۴) شکل مقطع .

- سختی باد بند هم محور بیشتر از باد بند برون محور است .
- مقاومت یک سیستم بیانگر تحمل نیرو در یک سیستم سازه ای می باشد، هرچه مقاومت بیشتر باشد سازه نیرو های بیشتری را می تواند تحمل کند .
- تغییر طول (افزایش) سختی را کم می کند اما مقاومت را تغییر نمیدهد . یعنی سختی به مقاومت وابسته نیست و رابطه ندارد.
- سختی و مقاومت هیچ ارتباطی با یکدیگر ندارند، به عنوان مثال اگر طول یک عضو را افزایش دهیم سختی آن کاهش می یابد ولی مقاومت آن عضو تغییر نمی کند .
- هر المان که سخت تر است نیروی بیشتری می گیرد .
- نیرو در سازه همیشه نسبت به سختی توزیع می شود .

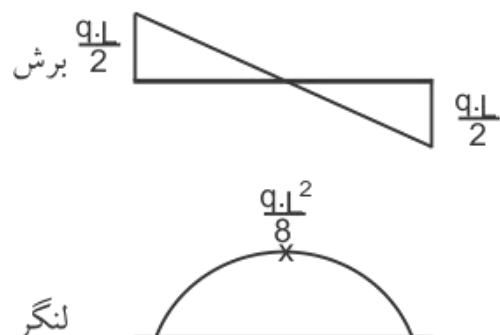
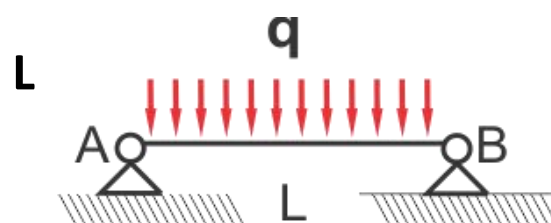


وضعیت نیروها در یک قاب ساده :



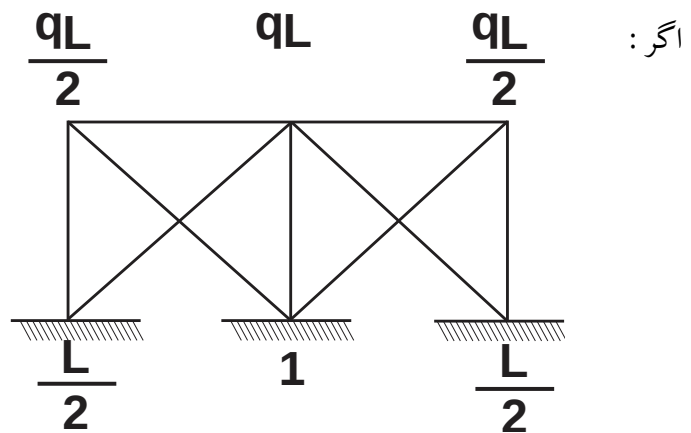
در تیر قابهای ساده یک برش متغیر با تغییرات خطی ایجاد می شود که ماکزیمم آن در دو انتها می باشد .

در این تیر ها لنگر متغیری با تغییرات سهمی گونه که مقدار ماکزیمم آن $\frac{ql^2}{8}$ در وسط تیر روی میدهد



ستونها (۲)

هر ستون به اندازه عرض بار گیرش از بار ثقلی کف سهم می برد .



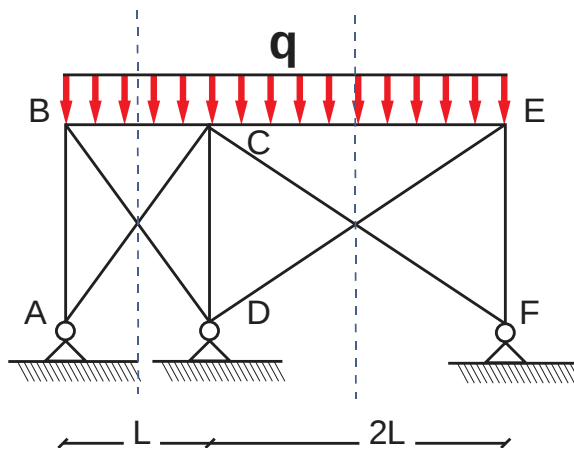
بار محوری هر ستون با توجه به عرض بار گیر آن تعیین می شود . بدین ترتیب که ابتدا کل بار ثقلی روی قاب را

محاسبه می کنیم و سپس به نسبت عرض بار گیر بین ستون ها تقسیم می کنیم .

بار محوری هریک از ستون ها را تعیین کنید :

$$\text{کل بار} = 3qL$$

$$\text{دهانه} = 3L$$



$$\frac{L}{2} \quad \frac{3L}{2} \quad L$$

$$3L = \text{جمع کل عرض بار گیر ها}$$

$$L/2 = \text{ستون اول}$$

$$AB = \frac{\frac{L}{2}}{3L} \times 3qL = \frac{qL}{2}$$

$$EF = \frac{L}{3L} \times 3qL = qL$$

$$L = \text{ستون آخری}$$

$$CD = \frac{\frac{3L}{2}}{3L} \times 3qL = \frac{3}{2}qL$$

ستون وسط = $3L / 2$

ستونهای میانی چون عرض بارگیر بیشتری دارند سهم بیشتری از باربری دارند و در نتیجه مقطع بزرگتری خواهند داشت .

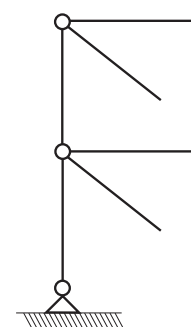
(3) باد بند ها :

در بار ثقلی به باد بند ها نیرو وارد نمی شود و تقریباً مساوی صفر در نظر گرفته می شود .
در باد بند های ضربدری تحت اثر بار ثقلی نیروی محوری ناچیزی ایجاد می شود که به دلیل تغییر طول ستونهای طرفین آن می باشد . چون مقدار این تغییر طول بسیار ناچیز است ، از این نیروی فشاری در باد بند ها صرف نظر می کنیم .

نکته : چرا در ستون فقط نیروی محوری رسم کردیم ؟ برش و لنگر ندارند ؟

چون ستون عضو دو سر مفصل است و فقط می تواند نیروی محوری در راستای خود را تحمل کند و داخل آن برش و لنگر وجود ندارد.

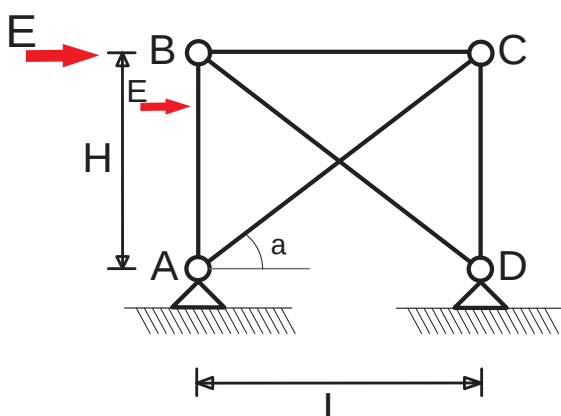
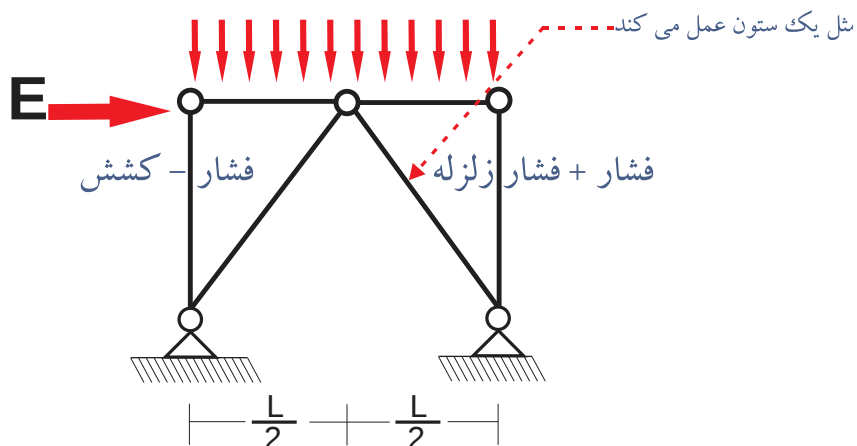
اگر :



در واقعیت ستونها در وسط مفصل ندارند . با توجه به نحوه اجرای ستونها که بصورت یک عضو یک پارچه و پیوسته در تراز طبقات اجرا می شوند ، این اعضا از حالت دو سر مفصل بودن خارج می شوند و در آنها نیروی برشی و لنگر خمشی ایجاد خواهد شد.

نکته : گفتیم در باد بند ها بر اثر نیروی ثقل ، نیروی محوری ایجاد نمی شود . در باد بند های غیر از ضربدری که بعنوان یک تکیه گاه زیر تیر واقع شده اند نیروهای محوری قابل توجهی تحت اثر بار ثقلی ایجاد می شود ، زیرا این باد بند ها به منزله تکیه گاه های تیر می باشند .

در این باد بند ها نیروی فشاری ناشی از وزن ، با فشار و کشش ناشی از بار جانبی زلزله جمع جبری می شوند و این باعث می شود در یکی از این دو همواره فشار قابل توجهی ایجاد شود که منجر به کمایش آن عضو خواهد شد .

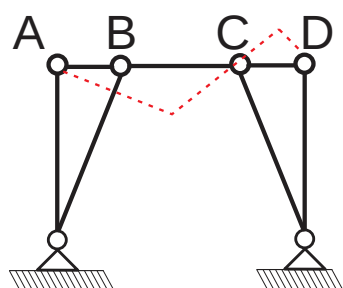


بررسی بارهای جانبی در قاب های ساده :

زلزله
 } بارهای جانبی
 باد

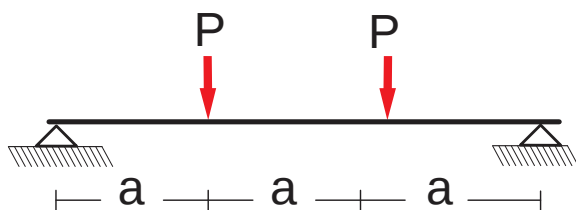
تیرها عضو دوسر مفصل می باشند و در آنها برش و لنگر ایجاد نمی شود . در این اعضا صرفاً نیروی محوری بوجود می آید .

(اگر باد بند ضربدری نباشد مثلاً ۸ باشد، تیر از دوسر مفصل خارج شده و در تیر علاوه بر نیروی محوری نیروی برشی و لنگر خمشی ایجاد می شود).



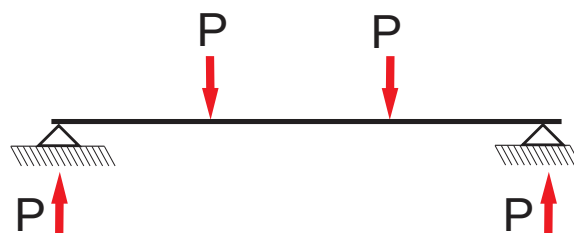
در تیرهای بالایی دهانه با باد بند برون محور ، بیشترین لنگر در محل اتصال

باد بند به تیر ایجاد می شود .

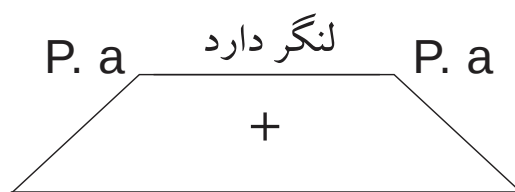
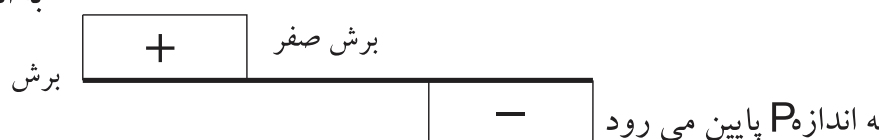


یادآوری :

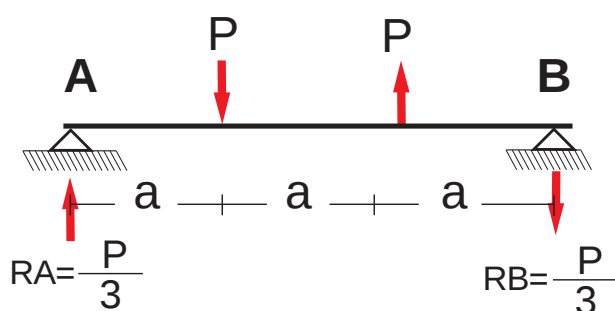
واکنش های تکیه گاهی را بدست می آوریم .

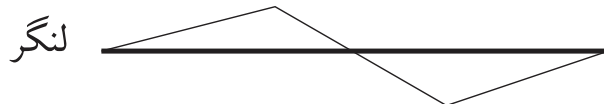


به اندازه P بالا می آید



در قطعه میانی تیر فوق (حد فاصل دو بار متمرکز) برش صفر ولی لنگر خمشی وجود دارد . یعنی لزوما در هر مقطعی که لنگر وجود دارد ، نباید برش هم وجود داشته باشد .





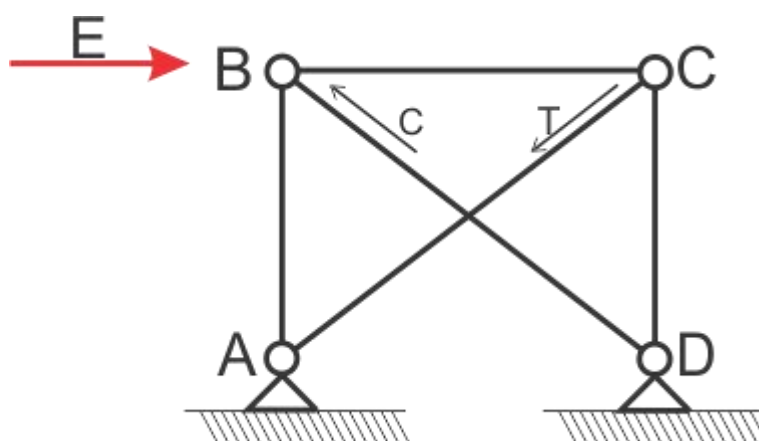
$$\sum M_B = 0 \quad R_A \times 3a - P \times 2a + P \times a = 0$$

$$\Rightarrow R_A = \frac{P}{3}$$

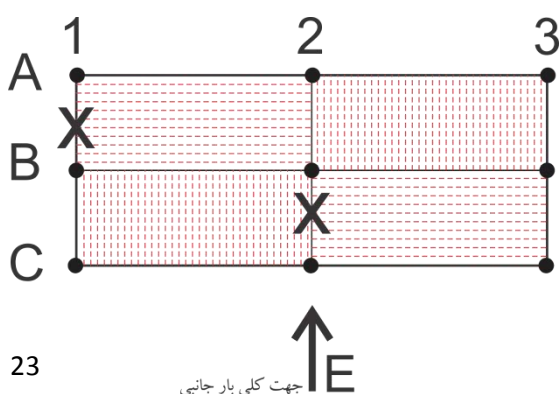
ستون :

در ستون نه برش داریم و نه لنگر مگر زمانی که یک نیروی جانبی گسترده مثل باد وارد شود .

چون ستون ها عضو دوسر مفصلی می باشند در آنها فقط نیروی محوری ایجاد می شود ، مگر آنکه بار باد بصورت گسترده به سطح خارجی سازه اثر کند ، که در این صورت ستونهای واقع در پوسته بیرونی سازه علاوه بر نیروهای محوری برش و لنگر نیز خواهند داشت .



در قابهای ساده فقط ستونهای طرفین باد بند نیروی محوری دارند و بقیه ستونها بار جانبی تحمل نمی کنند. نیروی محوری ستون ، از مولفه قائم نیروی ایجاد شده در اعضای قطری ایجاد می شود . یعنی نتیجه مهم آنکه در قابهایی ساده و باد بند که تحت اثر بار جانبی می باشند فقط در ستونهای طرفین دهانه باد بندی نیروی محوری وجود دارد و در سایر ستونها نیروی محوری ناشی از بار جانبی ایجاد نمی شود .

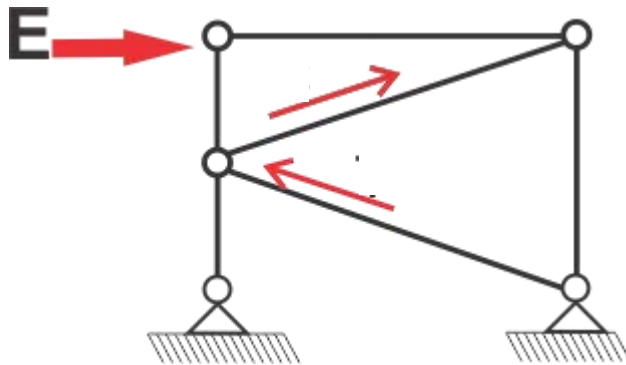


توضیح	ستون	جانبی	ثقلی
ستون مجاور دهانه باد بند	A1	X	X
به باد بند متصل نیست	A2	—	X
مجاور باد بند	B1	X	X
متصل به باد بند	B2	X	X
به باد بند متصل نیست	C1	—	X
متصل به باد بند	C2	X	X

A2 و C1 فقط بار ثقلی می گیرند و در نتیجه مقطع آنها می تواند سبک تر از بقیه ستونها باشد .

اگر ستون در قابی با باد بند K باشد :

در ستونهایی که باد بند K به آنها متصل می شود چون نیروی اعضا قطری ، به نقطه ای غیر از دو انتهای ستون اعمال می شود در آن ستون علاوه بر نیروی محوری برش و لنگر نیز اعمال خواهد شد . (در آن ایجاد خواهد شد) .



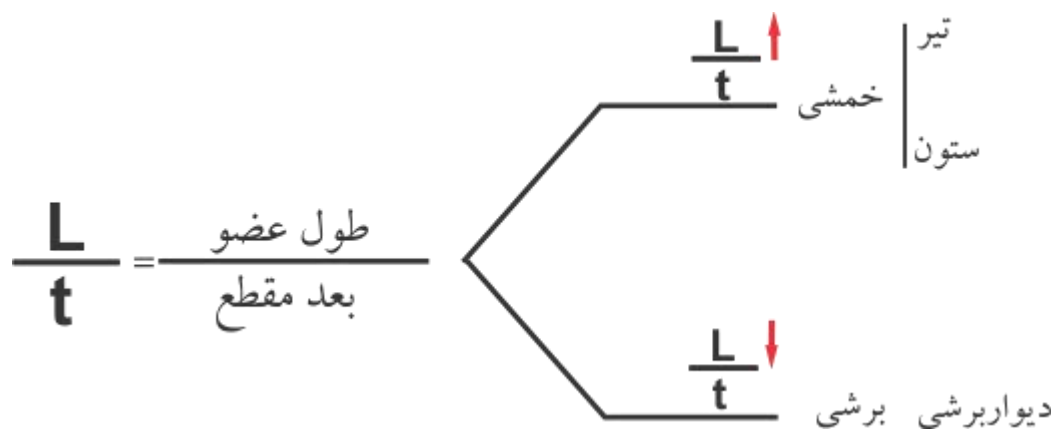
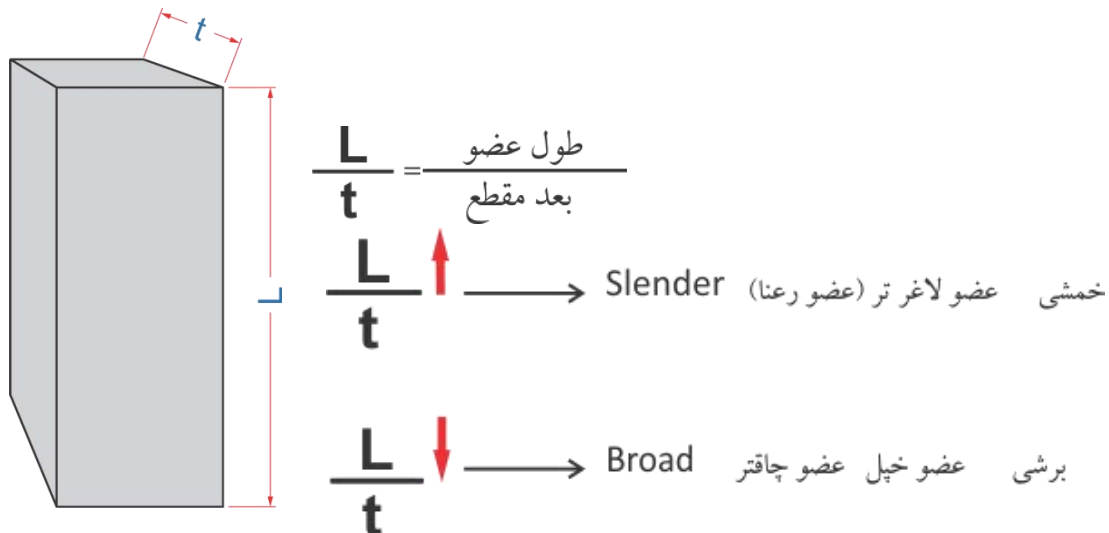
مزیت ساختمانهای قاب ساده با باد بند :

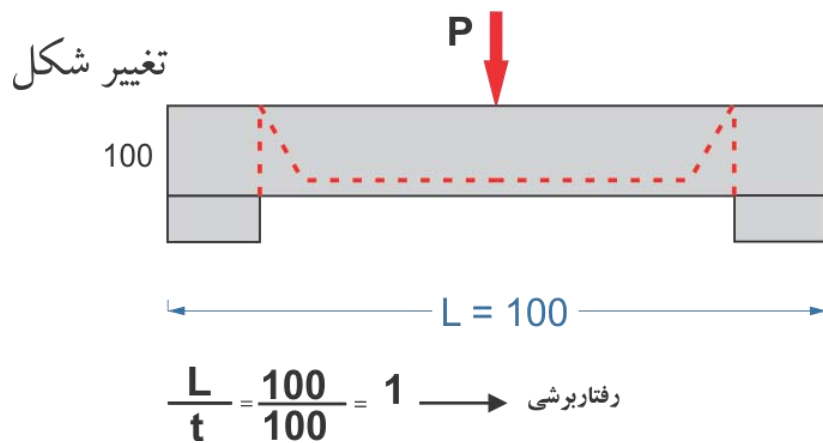
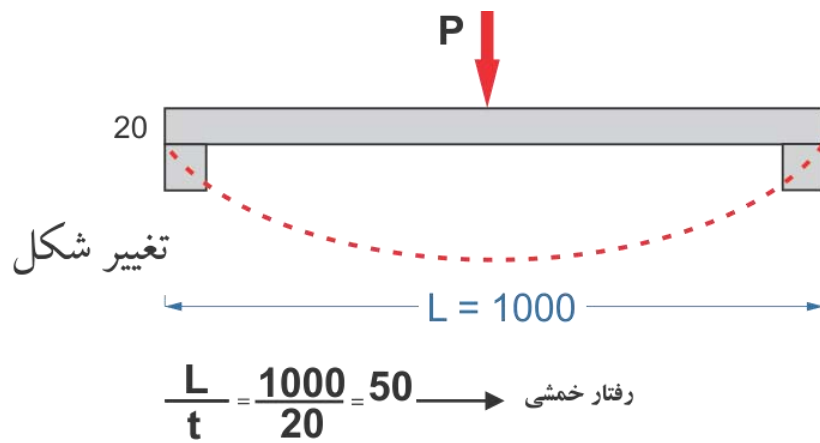
۱- سختی قابل قبول ← جابجایی کمتری دارند ← در ساختمانهای بلند که جابجایی زیاد دارند می تواند استفاده شود .

۲- رفتار زلزله ای مناسبی دارند ← درجعات نا معینی زیادی دارند (قید های اضافه دارند) .

رفتار برشی و خمشی :

اعضای مختلف سازه با توجه به نسبت ارتفاع به بعد مقطع می توانند دو نوع رفتار متفاوت برشی یا خمشی داشته باشند . هر چقدر نسبت ارتفاع به بعد مقطع کوچکتر شود رفتار عضو به سمت رفتارهای برشی متمایل خواهد شد و اگر این نسبت افزایش یابد رفتار آن متمایل به رفتارهای خمشی میشود.

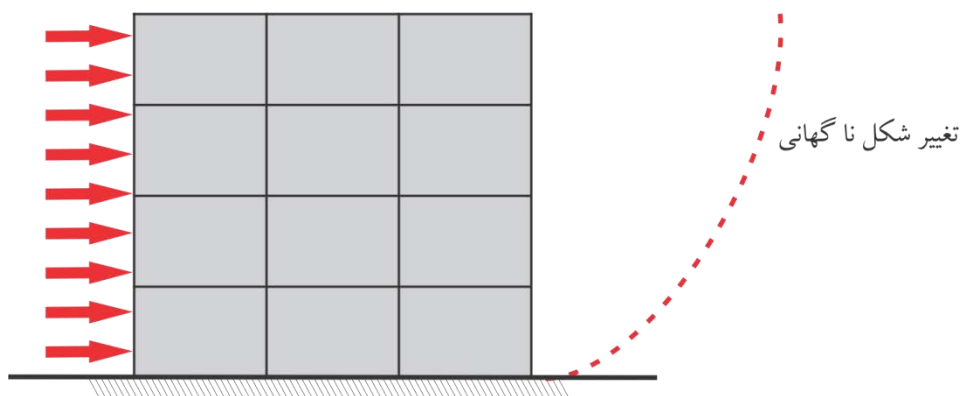




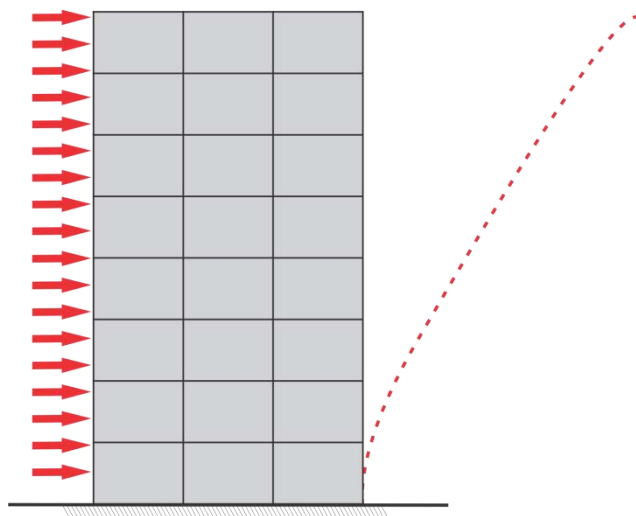
در رفتارهای خمشی تغییر شکل عضو به تدریج افزایش می یابد تا به مقدار ماکزیمم خود برسد ولی در

رفتارهای برشی تغییر شکل عضو به صورت ناگهانی افزایش می یابد. (مثل رفتار دستگاه پانچ)

- معمولاً سازه های کوتاه (۵ تا ۶ طبقه) رفتار برشی دارند (چاق و پهن و پخش هستند)



- یک سازه بلند مثل یک ستون طره است و رفتار خمشی دارد.



سازه های بلند رفتار خمشی دارند

معیار l/t است نه تعداد طبقات (جهت بررسی رفتار سازه)

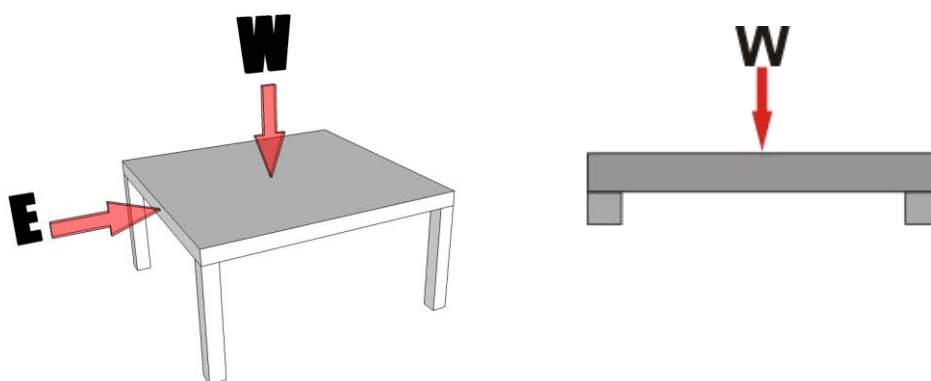
معمولاً l/t بیش از ۱۰ قطعاً رفتار خمشی دارد و کمتر از آن باید بررسی گردد.

در قابهای ساده بادبندی نیروی برشی به کشش و فشار در اعضای قطری تبدیل میشود. اگر این ساختمانها رفتار برشی داشته باشند و طبقات روی هم بلغزند بادبندها بیشترین راندمان را خواهند داشت. به عبارت دیگر در ساختمانهای کوتاه و برشی که طبقات روی هم بردیده می شوند و می لغزند بادبندها بیشترین راندمان را دارند زیرا نیروی برشی تبدیل به نیروی محوری فشاری و کششی در بادبندها میشوند. در ساختمانهای بلند تحت اثر بار جانبی نیروهای فشاری و کششی در دو وجه کناری سازه ایجاد میشوند و اگر از بادبند استفاده شود تاثیر قابل توجهی در کنترل تغییر مکانها و تحمل نیروهای وارده نخواهد داشت.

یادآوری: در قابهای ساده از دیوار برشی و بادبند استفاده می کردیم.

در زلزله ترکهای ضربدری ایجاد میشود. در دیوارهای آجری و دیواربرشی که در واقع این گونه ترک میخورند به دلیل تمرکز تنش دیوار برشی در گوشه ها اگر ارتفاع زیاد شود از اجزای لبه ای (دمبلی) استفاده میکنیم. دیوارهای برشی اگر ارتفاع زیادی داشته باشند رفتار خمشی خواهند داشت و اثر بخشی آن در تحمل بارهای جانبی کاهش پیدا میکند. در این حالات رفتار دیوار بگونه ای است که بجای نیروهای برشی نیروهای فشاری و کششی در دلبه آن ایجاد میشود. که در این حالات معمولاً ناچار میشویم از المانهای مرزی برای تحمل فشار و کشش استفاده کنیم.

دال ها:

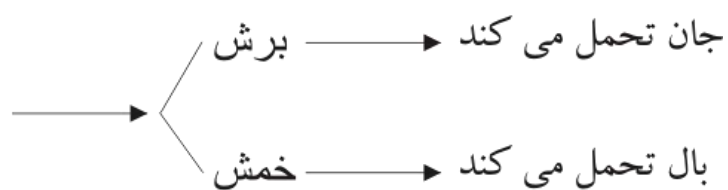
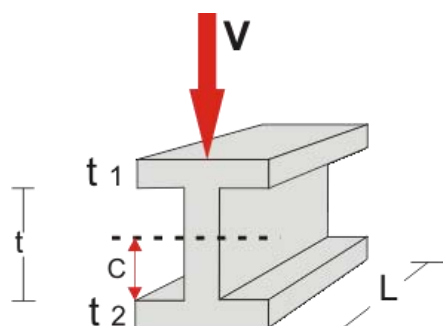
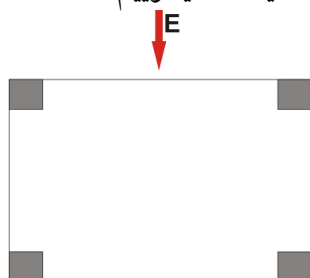


کف: floor

دال کف تحت تاثیر بار ثقلی رفتار خمشی داد.

دال کف در بار جانبی (درون صفحه) رفتار برشی دارد. که به آنها ((دیافراگم)) یا صفحه یا غشا میگوییم.

diaphragm



$$\tau = \frac{V.Q}{I.t} \text{ تنش برشی}$$

I : ممان اینرسی

t : ضخامت یا عرض مقطع

V : مقدار برش

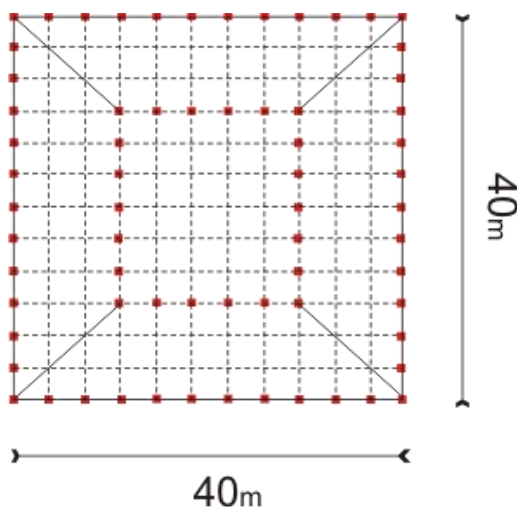
$$\sigma = \frac{M.C}{I} \quad \text{تنش خمشی}$$

M : لنگر C : فاصله از تار خنثی I : ممان اینرسی

هرچه از تار خنثی دورتر شویم تنش خمشی بیشتر میشود.

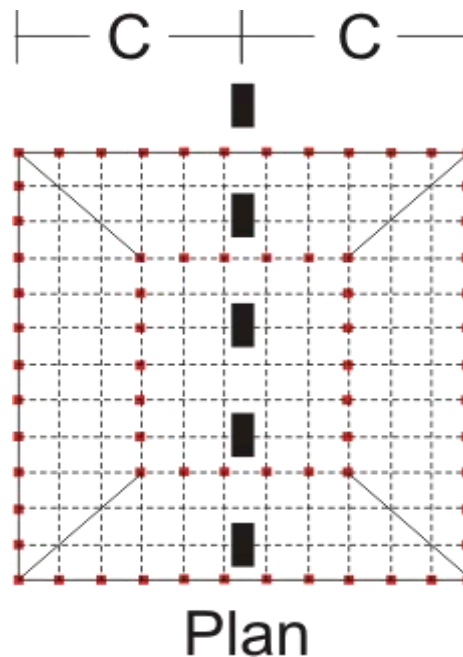
سیستم لوله ای (Tube system)

در ساختمانهای بلند با رفتار خمشی برای افزایش ظرفیت باربری در مقابل بارهای جانبی باید ممان اینرسی کلی سازه را نسبت به محورهای خنثی سازه افزایش دهیم بدین منظور اعضای که در پیرامون سازه و در دورترین فاصله نسبت به تار خنثی قرار گرفته اند را تقویت میکنیم تا ممان اینرسی بیشتر و تنش خمشی کاهش یابد. در این ساختمانها استفاده از سیستم لوله ای یا لوله در لوله با تعبیه ستونهای متعدد در وجوه پیرامونی سازه ایجاد میشود. چون سختی زیاد میشود جابجایی کم میشود که مزیت دیگر این سیستم است.



در خارج ستون ها با فاصله کم و دهانه های کم و در داخل

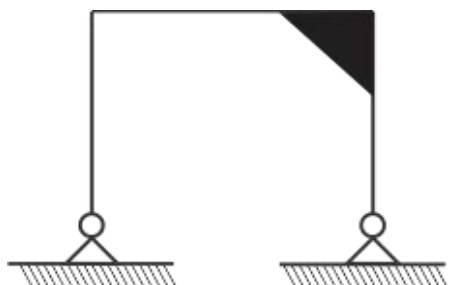
دهانه های با فاصله باز و فضای بیشتر



رفتار برشی و خمشی :

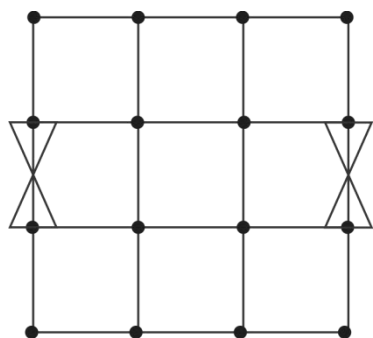
سیستم قاب خمشی :

بسته به نیاز آنقدر اتصالات گیردار را اضافه میکنیم تا جوابگو باشد.



نیاز نیست تمامی اتصالات گیردار باشد.

در قاب خمشی برای تحمل بار جانبی بسته به نیاز میتوان تعدادی از اتصالات قاب را به صورت اتصال صلب یا گیردار در نظر گرفت. معمولاً در جهت اطمینان تمام اتصالات قاب را به صورت صلب در نظر میگیرند که اقتصادی نمیشد و توجیه اقتصادی ندارد.

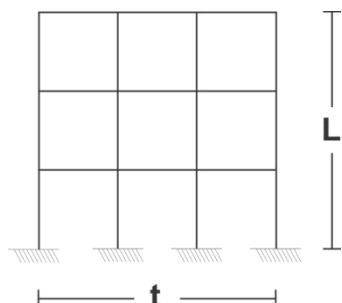


پلان
قاب ساده با باد بند

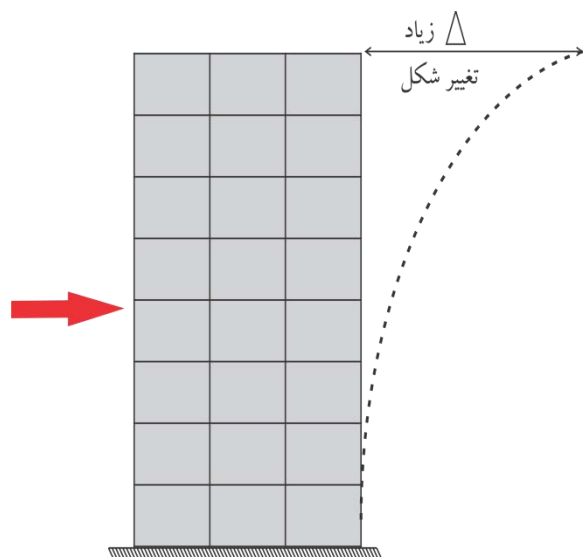
قابهای خمشی معمولاً سیستم هایی هستند که نسبت L/T آنها کم است و رفتار برشی دارند.

قابهای خمشی معمولاً در ساختمانهای با ارتفاع کم و متوسط به کار میروند. (حدوداً ۱۰ طبقه و بیشتر از آن رفتار تغییر می کند.)

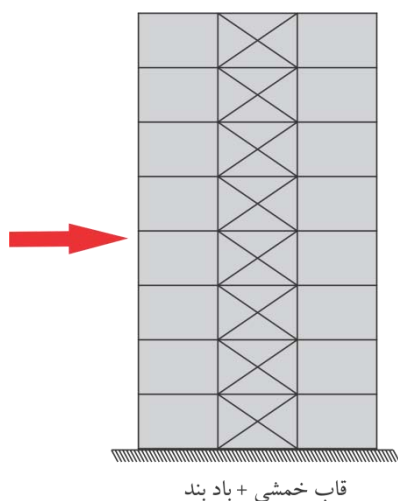
رفتار برشی : کوچک L/T



قابهای خمشی در ساختمان های بلند مرتبه معمولاً بکار نمیروند چون سبب میشوند تغییر مکانهای جانبی سازه زیاد شود و خرابی های تحت اثر بار جانبی به شدت افزایش یابد.



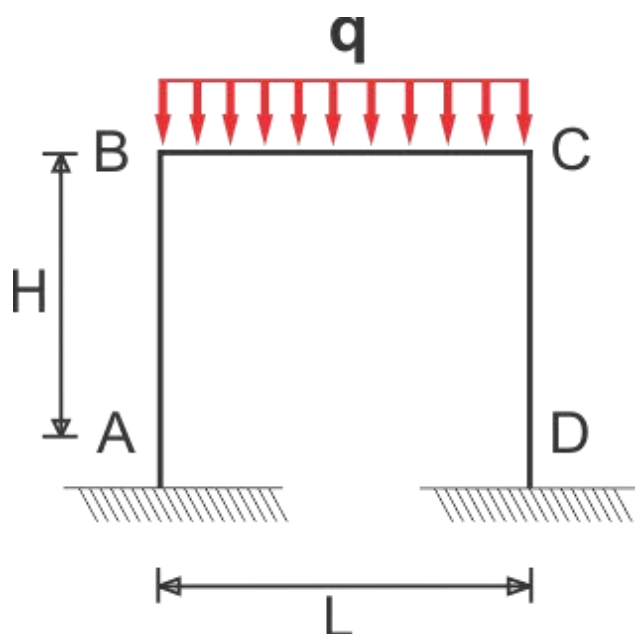
سیستم دوگانه : قاب خمشی + بادبند (ترکیبی)



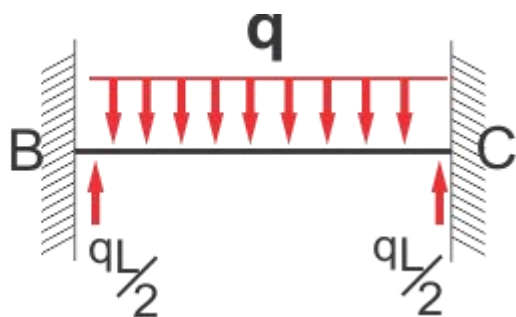
گرچه این سیستم نیز محدودیتهای خود را دارد و در ساختمانهای خیلی بلند تر از ۲۰ الی ۲۵ طبقه جوابگو نخواهد بود و باید از سیستم لوله ای و غیره استفاده کرد.
نیروهای اعضای خمشی تحت اثر بارهای ثقلی و جانبی

جریان نیروها در قابهای خمشی :

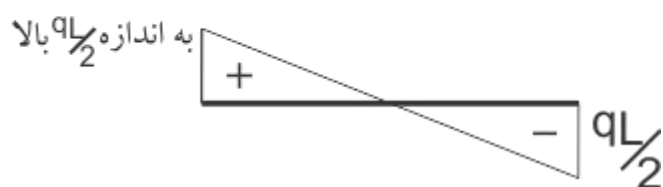
الف : بارهای ثقلی :



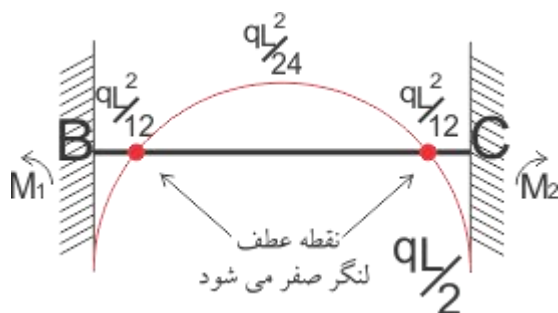
الف) تیر :



برش :



در تیرهای قاب خمشی تحت اثر بار گسترده، نیروی برشی متغیری ایجاد می شود که حداکثر آن در محل تکیه گاه ها می شود و تقریباً در بخش میانی تیر برش برابر با صفر خواهد شد .



چون تقارن دارد M_1 و M_2 برابرند. البته در

واقعیت این تقارن در تیرهای قابهای خمشی

وجود ندارد و شرایط دو انتها متفاوت است.

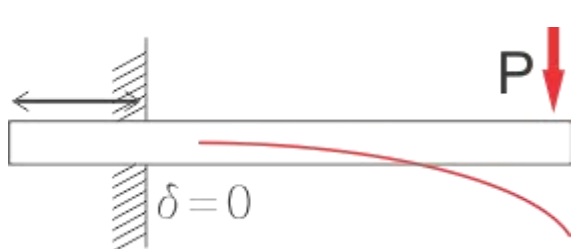
نکته :

لنگری که بعنوان بار خارجی به سازه اعمال می شود ، اگر ساعت گرد باشد مثبت و خلاف آن منفی در نظر گرفته می شود . لنگر داخلی مانند M_1 و M_2 اگر منجر به ایجاد کشش در تار های فوقانی بشوند ، منفی و بالعکس مثبت خواهند بود .

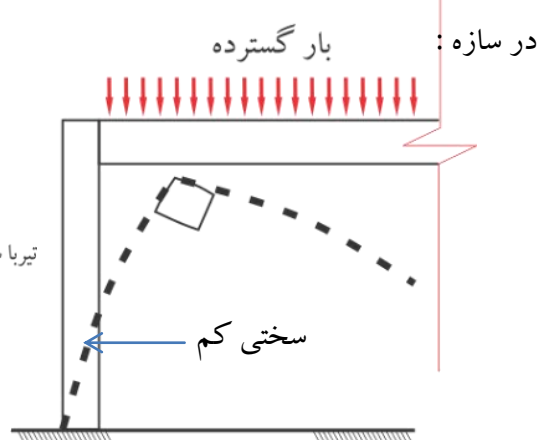
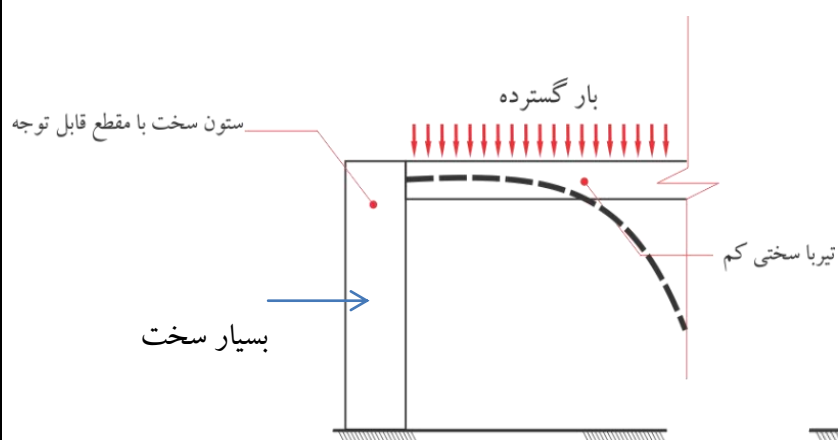
برای دیاگرام لنگر ، نقاطی که لنگر شان صفر می باشد را اصطلاحاً نقطه عطف می نامیم ، بدین معنی که در این نقاط تقعر منحنی تغییر شکل ، تغییر می کند .



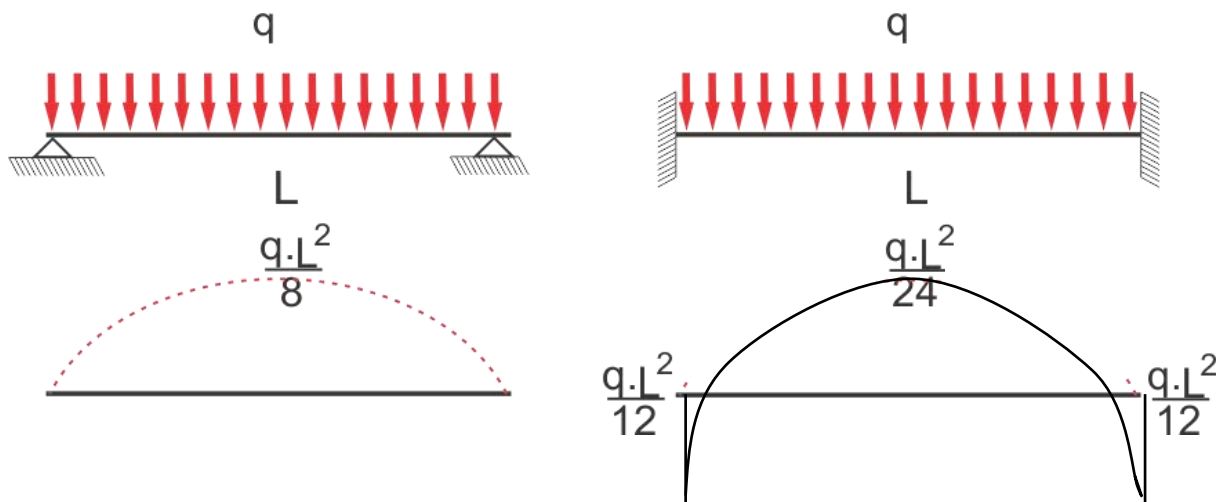
۰/۲۱ برابر طول دهانه در جایی است که تیر، ایده آل باشد و دو سر آن واقعا گیر دار باشد .



صلب کامل نیست ، گیر داری نسبی دارد .



در قابهای صلب چون مقطع ستونها به اندازه ای است که نمی توان انتها را کاملاً گیر دار در نظر گرفت ، سختی اتصال کمتر و در نتیجه لنگر ایجاد شده در تکیه گاه نیز کاهش می یابد و این سبب می شود لنگر مثبت وسط دهانه افزایش یابد .



$$\text{لنگر وسط} \quad \frac{q \cdot L^2}{24} < M < \frac{q \cdot L^2}{8}$$

$$\text{لنگر انتها} \quad 0 < M < \frac{q \cdot L^2}{12}$$

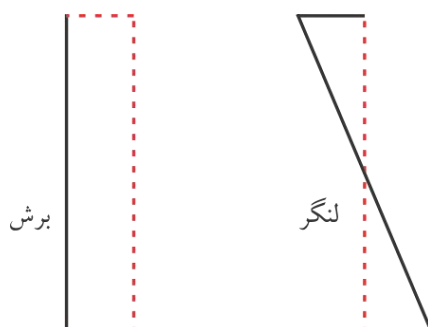
در دیالگرام برش و نیروی برشی حد اکثر دوانتها هیچ تغییری ایجاد نمی شود .

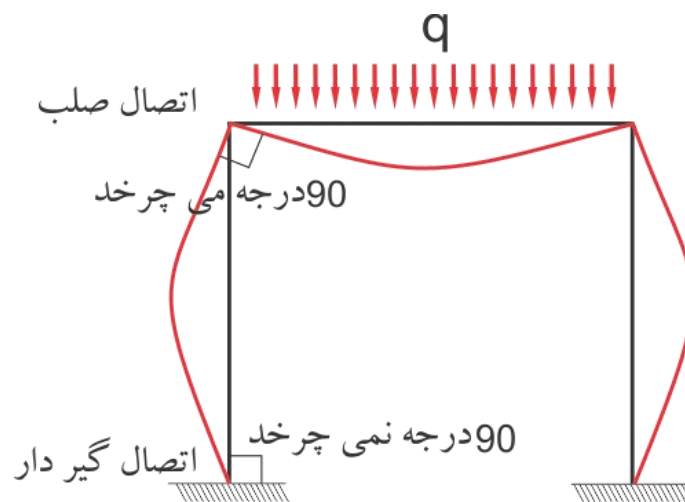
در قابهای خمشی نقطه عطف حدوداً در فاصله $0.1 \times L$ تا $0.15 \times L$ از تکیه گاه ها قرار می گیرد .

ستون :

لنگر ستون ها تحت اثر بار ثقلی:

لنگر انتهای تیر ها در هر گره از قاب به ستونها منتقل می شود ، پس در ستونهای قاب خمشی حد اکثر لنگر در دو انتهای ستون ها ایجاد می شود . چون بار گسترده روی ستون نداریم در نتیجه برش ثابت داریم . در ستونها یک برش ثابت در تمام ارتفاع ایجاد می شود .

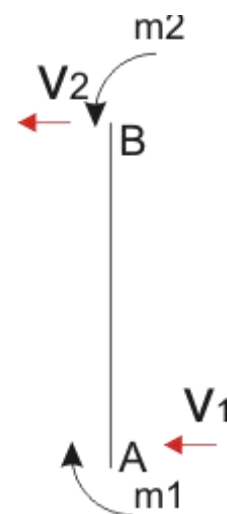




$$\sum F_x = 0 \Rightarrow V_1 = V_2$$

$$V_1 = V_2 = V = \frac{M_1 + M_2}{h}$$

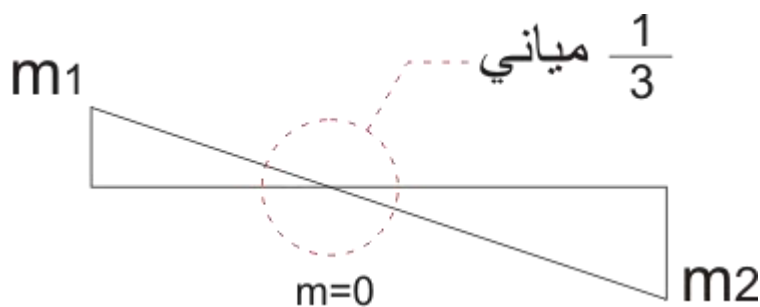
$$V \cdot h = M_1 + M_2$$



**در شکل فوق برای تعادل، جهت لنگر و برش پای ستون باید معکوس آن چه نشان داده شده است باشد.

سوال:

در یک قاب خمشی که مربوط به یک ساختمان تجاری با بار ثقلی قابل توجه می باشد، در نظر است برای عبور لوله های تاسیساتی در جان ستون، حفره هایی ایجاد شود. در چه مقطعی از ارتفاع ستون، این باز شو ها ایجاد شوند آسیب کمتری خواهند داشت؟



برای لنگر در وسط تقریباً در یک سوم میانی.

برای برش تفاوتی ندارد.

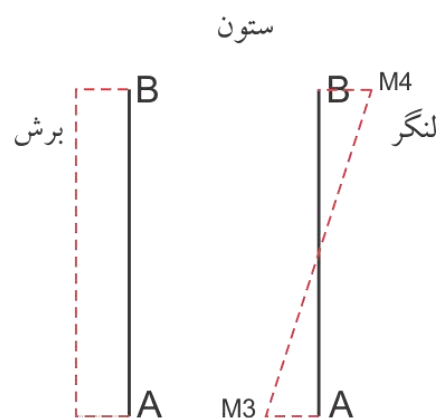
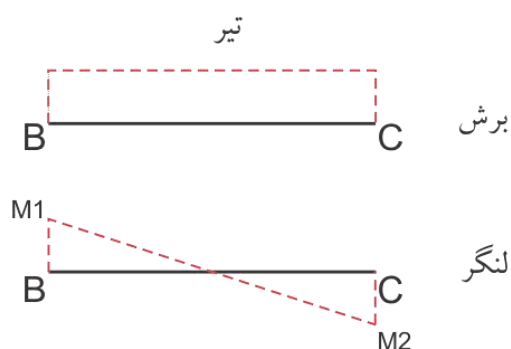
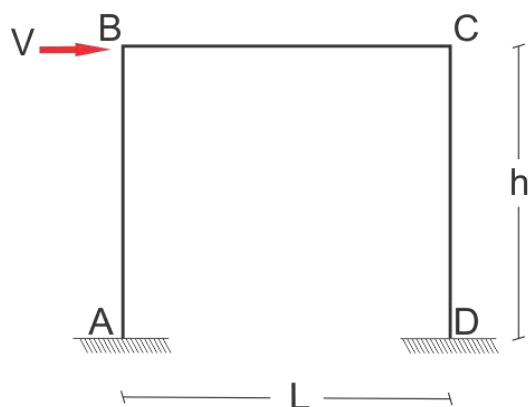
نیروی محوری در ستونهای قاب خمشی :

$$\frac{q \cdot L}{2}$$

برش انتهای تیر نیروی محوری ستون خواهد بود .

نیروی محوری هر ستون متناسب با عرض بار گیری آن خواهد بود .

بار جانبی :



برش در تیر و ستون ثابت و لنگر متغیر است و حد اکثر لنگرها در دو انتهای عضو میباشد.

سوال :

در یک قاب صلب در حین اجرا محور یکی از ستونها اشتباها در موقعیتی اجرا شده است که دهانه قاب 20% افزایش یافته است . اگر تحت اثر بار ثقلی بررسی کنیم برش و لنگر تیر ها چه تغییری می کند؟

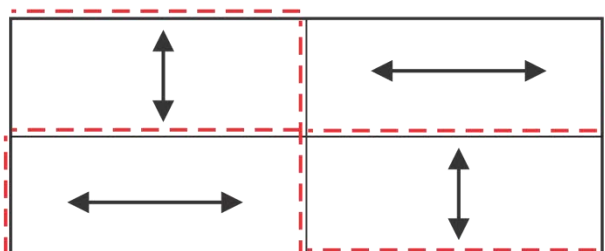
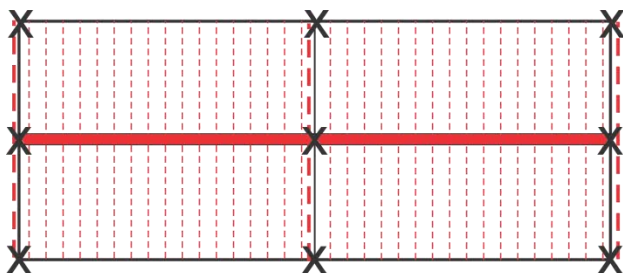
در برش به اندازه 20% اضافه می شود . افزایش 20% $\rightarrow V \times 1.2 \rightarrow \frac{q \cdot L}{2}$

در لنگر طول به توان 2 می رسد . افزایش 44% $\rightarrow V \times (1.2)^2 \rightarrow \frac{q \cdot L^2}{12}$

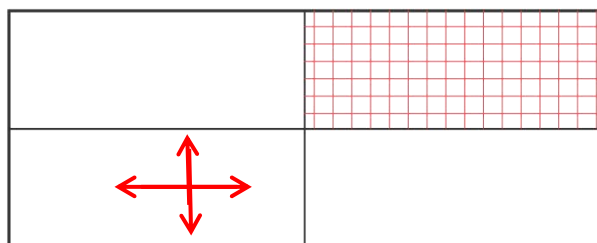
(محاسبه را برای $\frac{q \cdot L^2}{12}$ انجام میدهیم که در دو انتهای تیر است ، جایکه ماکزیمم اثر لنگر را داریم)

مسیر نیرو در سازه :

ثقلی — : دال کف — تیر های فرعی — تیر های اصلی — ستونها — فونداسیون



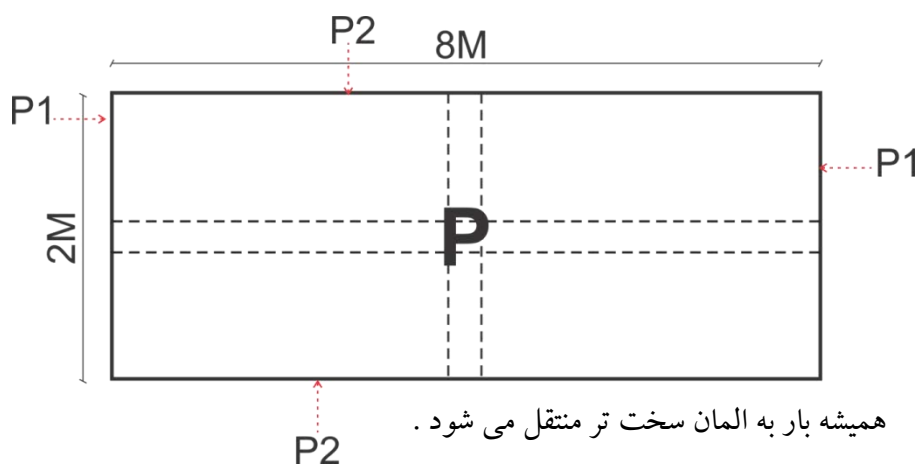
تیر ریزی شطرنجی - دال یکطرفه



دال دو طرفه

دال های مسطح مثل دال دو طرفه :

دال مسطح شرایط دارد .



همیشه بار به المان سخت تر منتقل می شود .

$$P1 + P2 + P1 + P2 = P$$

چون ضلع ۲ متری سختی بیشتری دارد سهم بیشتری خواهد داشت .

چون طول کمتر و سختی بیشتر است . $P_2 > P_1$

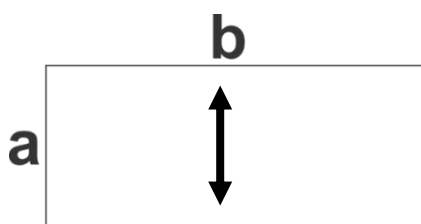
$$\text{سختی} = \frac{EI}{L}$$

اگر متمرکز باشد $n=3$

اگر گسترده باشد $n=4$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{L_1}{L_2} \right)^n$$

در دالهای مسطح اگر $b > 2a$ باشد ، دال یک طرفه کار می کند .

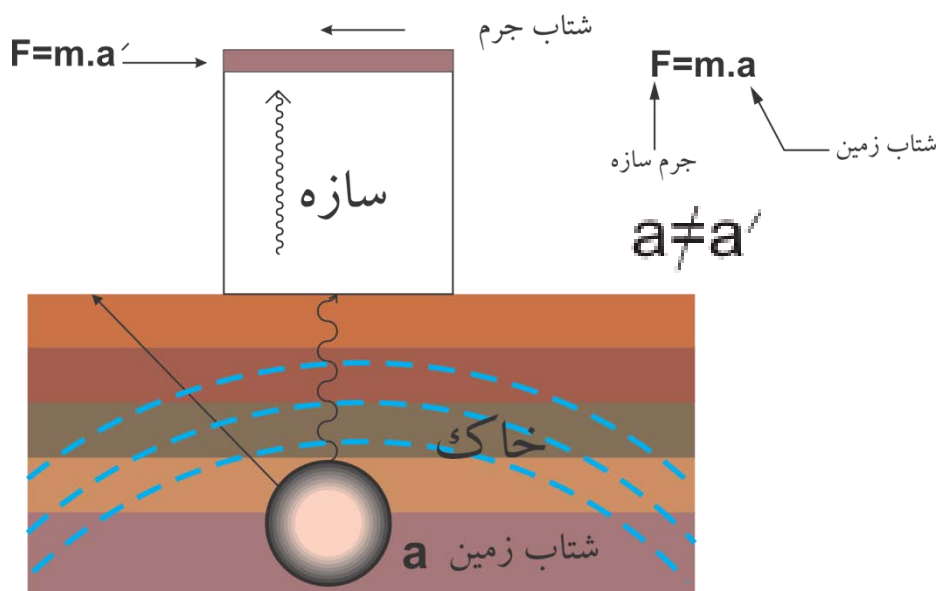


نیرو در جهت عمود بر طول بزرگتر پخش می شود . یعنی بار به تیرهایی می رسد که در طول بزرگتر قرار گرفته اند.

در دالهای مسطح اگر طول از ۲ برابر عرض بیشتر باشد آنرا بصورت یک دال یک طرفه در نظر می گیریم که در این حالت نیرو عمود بر راستای با طول بیشتر توزیع می شود . یعنی تیر با طول بلند تر سهم بیشتری خواهد داشت . همیشه جهت فلش عمود بر تیر با طول بیشتر می شود .

نیروی زلزله :

نیروی زلزله از نوع نیروهای اینرسی می باشد که به جرم سازه و شتاب اعمال شده به آن وابسته است . یعنی سازه هر چقدر سنگین تر باشد، نیروی زلزله ای که در آن ایجاد می شود بیشتر خواهد بود .



معمولاً شتاب ایجاد شده در سازه از شتاب حرکت زمین بیشتر است!

هر چقدر زمین بستر سازه **نرم تر** باشد نیروی اینرسی زلزله **بیشتر** می شود .

هر چقدر سازه سخت تر بشود شتاب آن به شتاب زمین نزدیک تر می شود .

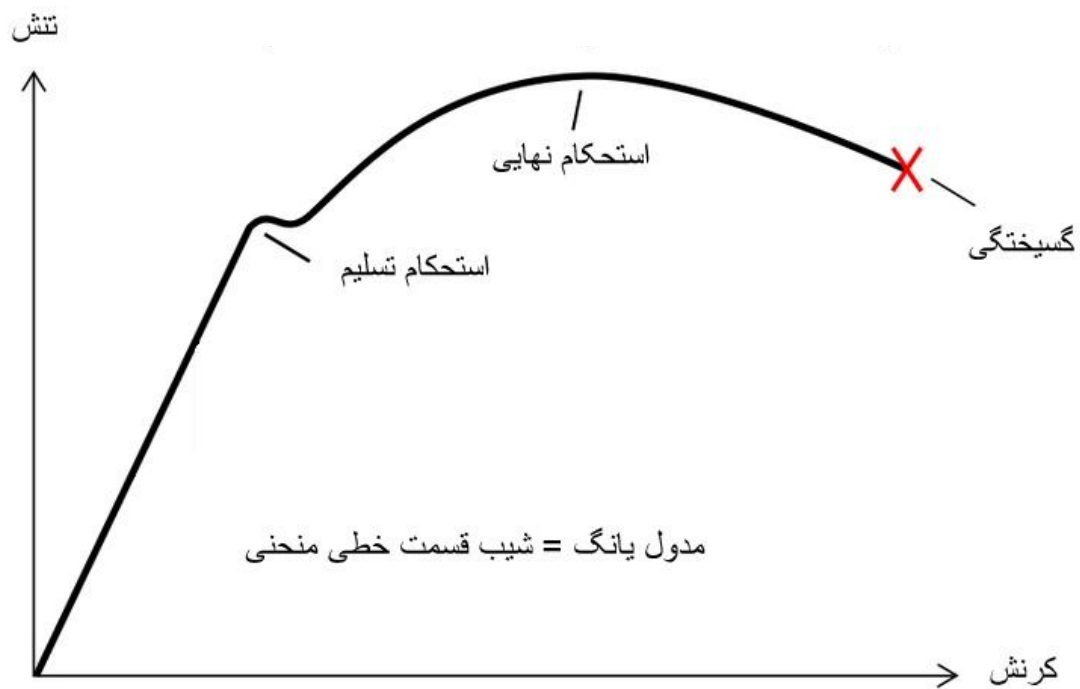
نکته : سازه برای شتاب طراحی می شود و نه ریشتر با واحد سانتیمتر بر مجذور ثانیه (گال)

عوامل موثر بر نیروی زلزله :

۱. جرم سازه (سازه باید سبک باشد تا رفتار زلزله ای آن بهتر باشد).
۲. شتاب زمین .
۳. خاک بستر سازه .
۴. سختی سازه .
۵. رفتار غیر خطی سازه (یعنی تنش از تنش حد جاری شدن بیشتر باشد).
۶. مدت زمان زلزله ، پهنه بندی ، نوع گسلها ، فاصله از گسل ، عمق کانونی و.....

σ = تنش برآیند وارد شده به مقطع عضو

γ = تسلیم - جاری شدن



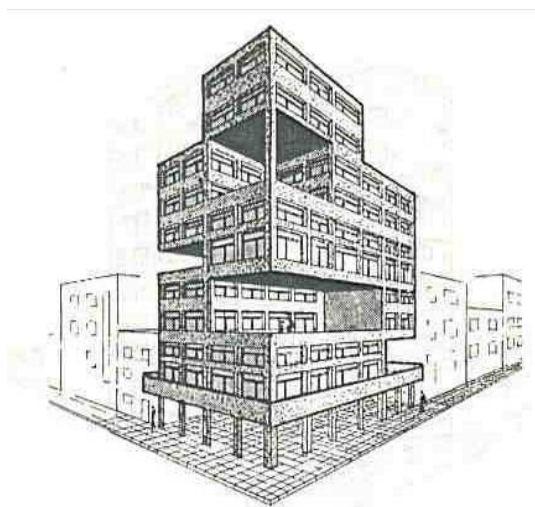
ملاحظات معماری برای رفتار بهتر در زلزله :

۱. درز انقطاع : هر ساختمان $\frac{1}{200}$ ارتفاع خودش از روی تراز پایه تا مرز مشترک در هر طرف باید فاصله

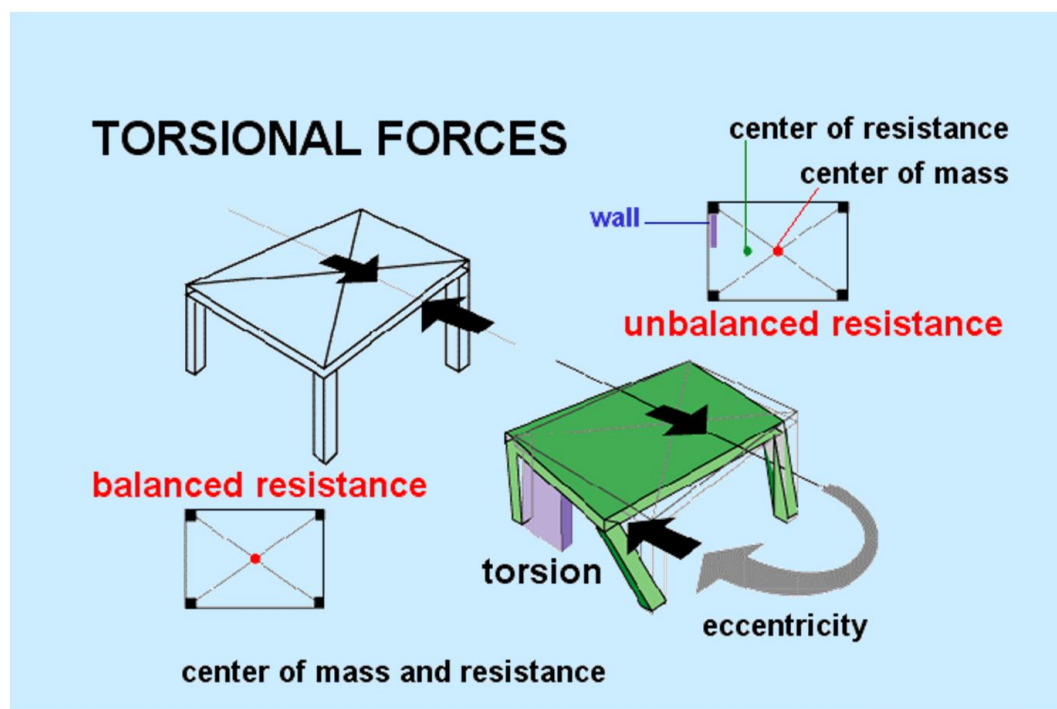
پیش بینی کند.



۲. نظم در پلان و ارتفاع: پلان مربع مستطیل و ترجیحا متقارن و فاقد پیش آمدگی و فرورفتگی در پلان و مقاطع ارتفاعی .



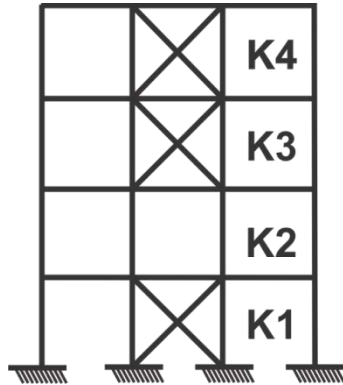
۳. پیچش در سازه به حد اقل برسد که با ایجاد تقارن در توزیع سختی ها و جرم ها امکان پذیر است. نیروی زلزله به مرکز جرم سازه اعمال می شود. اگر مرکز جرم و سختی از یکدیگر فاصله داشته باشند سبب می شود در پلان پیچشی ایجاد شود که در طراحی سازه باید منظور نمایم. باد بند ها و دیوار های برشی بهتر است در قابهای کناری دیده شوند. هر چقدر سختی ها را در قابهای پیرامونی سازه تامین کنیم بهتر است زیرا سبب می شود دوران های پلان ناشی از پیچش کمتر شود.



۴-نظم در ارتفاع :

از نظر جرم : تغییرات ناگهانی در جرم طبقات نداشته باشیم و جرم طبقات بهم نزدیک باشد.

از نظر سختی و مقاومت : سختی و مقاومت طبقات باید نزدیک بهم باشد .



عوامل موثر بر سختی طبقه :

K2 کمتر از بقیه طبقات

۱. اتصالات.
۲. وجود باد بند و یا دیوار برشی .
۳. مقطع تیر و ستون .
۴. ارتفاع طبقه (هرچه ارتفاع بیشتر سختی کمتر

$$h \uparrow \rightarrow K \downarrow$$

$$\frac{E.I}{L} = \text{سختی}$$

سختی ها باید منظم و در یک رنج باشند . اگر سختی طبقه ای بطور ناگهانی کاهش یابد اصطلاحاً آنرا

طبقه نرم می نامیم در طبقه نرم سختی کم و جابجایی زیاد است . که باعث می شود سازه در اثر

جابجایی زیاد تخریب شود .

سوال :

چه عواملی در ایجاد طبقه نرم موثرند ؟ ارتفاع زیاد - باد بند کم .



سوال جرم در سختی تاثیر دارد یا خیر؟

خیر تاثیر ندارد . احتمال دارد وزن مخصوص ماده ای خیلی زیاد باشد ولی تاب تحمل تغییر شکل را نداشته

باشد.

سوال : اگر طبقه نرم داشته باشیم چگونه آنرا برطرف کنیم؟

عناصر سخت کننده جانبی اضافه می کنیم مثل باد بند، دیوار برشی، سخت کردن اتصالات و یا کاهش ارتفاع طبقه اگر به کاربری و بهره برداری لطمه نخورد.

طبقه نرم به عنوان یک عامل خطر در سازه به حساب می آید، که بهتر است حتی المقدور حذف شود. برای کاهش اثرات نامطلوب طبقه نرم و افزایش سختی سازه، راه حل های مختلفی وجود دارد که مهمترین آنها عبارتند از:

(۱) افزایش مقطع ستون ها.

(۲) کاهش ارتفاع طبقه.

(۳) افزایش عمق تیر ها (آویز تیر ها).

(۴) افزایش سختی اتصال.

عوامل موثر در نظم ارتفاع :

(۱) جرم.

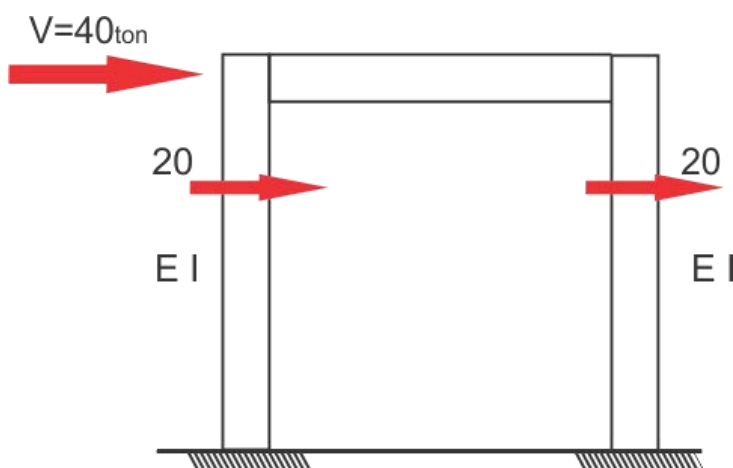
(۲) سختی (سختی = تحمل تغییر شکل).

(۳) مقاومت (مقاومت = ظرفیت تحمل نیرو یا تنش در سازه).

مثال بررسی مفاهیم مقاومت و سختی و ارتباط آنها:

مثال : قاب خمشی یک طبقه یک دهانه ای را در نظر بگیرید که ستون های آن بتنی با ابعاد 40×40 می باشند و ظرفیت تحمل برش هر ستون 25 تن است (مقاومت)، اگر ارتفاع یکی از ستون ها به نصف کاهش یابد سهم

نیروی آن چه تغییری خواهد کرد ؟



ظرفیت هر ستون = 20ton.

نیروی که وارد سازه می شود به نسبت سختی توزیع می شود .

چون ستونها سختی برابر دارند سهم آنها یکسان است . $40 \div 2 = 20$

نیروی وارده که ۲۰ تن است از مقاومت ستونها که ۲۵ تن است کمتر می باشد در نتیجه ستونها خراب نمیشوند .

چون بار متمرکز دارد سختی با توان ۳ ارتفاع تناسب دارد و اگر ارتفاع ستون نصف شود سختی ۸ برابر می

شود . اگر بار گسترده بود ۱۶ برابر . (زلزله نیروی متمرکز حساب می شود) .

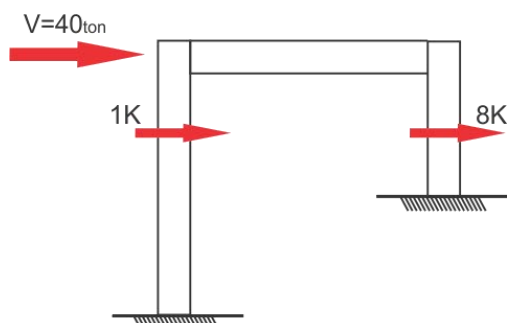
$$K \propto \frac{1}{L^3}$$

$$L \rightarrow \frac{L}{2}$$

$\Rightarrow$

$$K \rightarrow 8K$$

وقتی L نصف می شود K هشت برابر می شود



$$1k + 8k = 9k$$

$$\frac{1}{9}40 = 4.44, \quad \frac{8}{9}40 = 35.6$$

در این ستون کوتاه ، ظرفیت تحمل نیرو هیچ

تغییری نکرده است یعنی مقاومت آن ثابت است ولی بدلیل تغییر ارتفاع و افزایش سختی نیروی جذب شده در

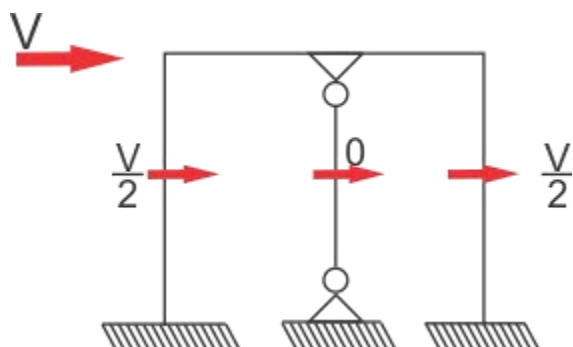
این ستون به شدت افزایش می یابد و چون این ستون قادر به تحمل این نیروی اضافه نیست ، بلا فاصله تخریب

می شود . این پدیده را اصطلاحاً **شکست ترد ستون کوتاه** می نامیم .

نکته: رمپ پله چون مورب است سختی بیشتری دارد.

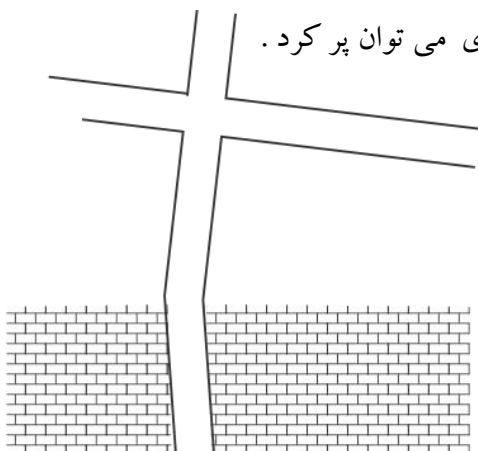
نکته: میتوان با تغییر اتصالات دو انتهای ستونها سختی آنها را حذف کرد و لذا در باربری جانبی شرکت نخواهند

کرد.



برای حذف خرابی ناشی از ستون کوتاه در سازه باید :

- (۱) اجزای غیر سازه ای مانند دیوار ها و باز شو ها از ستون حداقل به اندازه 2 تا 5 سانتیمتر فاصله داشته باشند . این فاصله را با مواد عایق و ارایه دیتایل های معماری می توان پر کرد .



- (۲) مهندس محاسب سازه باید اثر ستون کوتاه را در مدل سازی و آنالیز سازه در نظر بگیرد .



نکته : طبقه ضعیف ترد است و ناگهانی می شکند و در طبقه نرم خرابی ، با جابجایی زیاد همراه است ولی در طبقه ضعیف ، خرابی بصورت گسیختگی ترد و ناگهانی رخ می دهد .

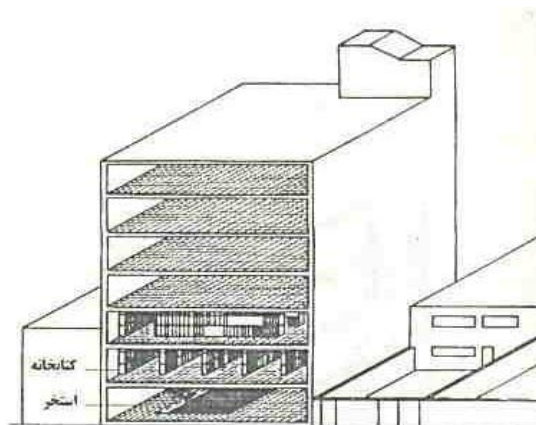
ملاحظات معماری : (ادامه)

- احتراز از طره های بلند .

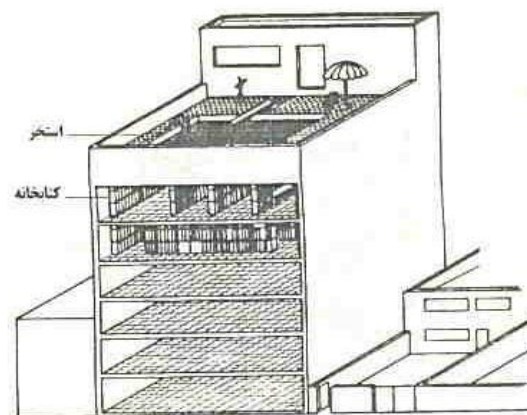


- احتراز از باز شو های بزرگ و مجاور هم در کف ها .

- تمرکز جرم در طبقات پایین ساختمان .

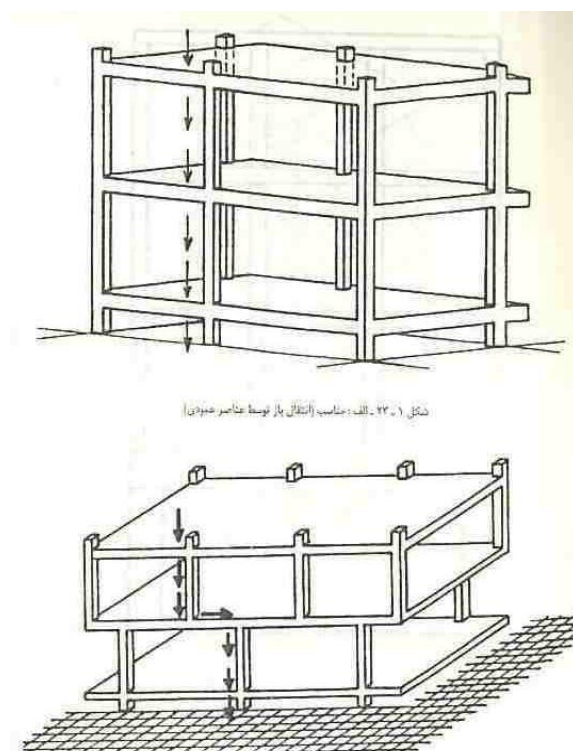


شکل ۱-۲۷ - الف: انتخاب

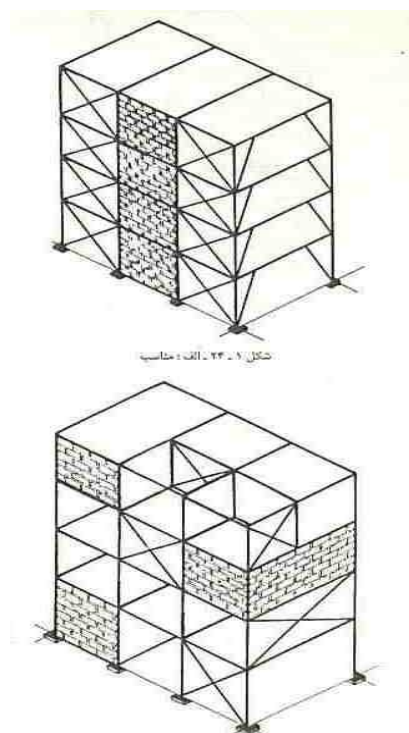


- سبکی سازه تا حد امکان .

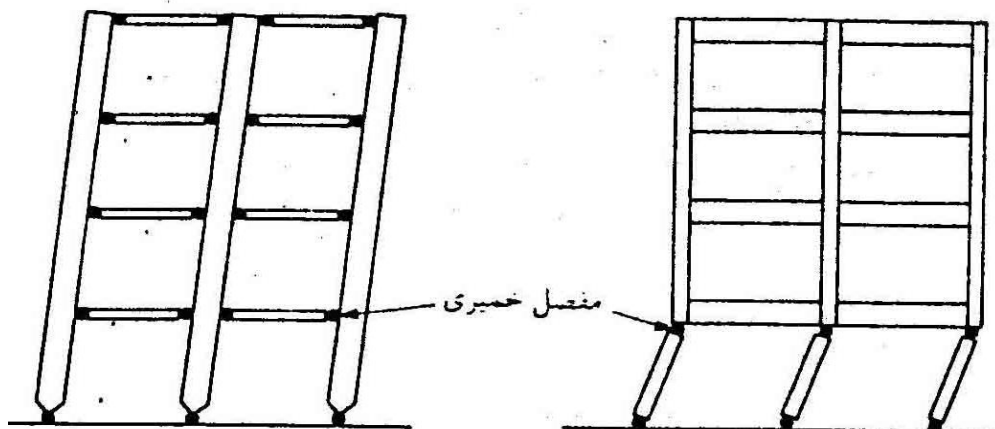
- اختلاف سطح در طبقات نداشته باشیم. (باعث ایجاد ستون کوتاه می شود).
- عناصری که با قائم را تحمل می کنند بر روی هم قرار داشته باشند.



- عناصری که بار جانبی را تحمل می کنند در یک صفحه قرار داشته باشند.



- در قابهای خمشی بهتر است مقطع ستونها از مقطع تیرها قوی تر باشند. یعنی در صورت وجود خرابی، ابتدا تیرها خراب شوند.



- احتراز از بکارگیری سیستم های مختلف سازه ای در پلان و ارتفاع.
- دستگاه پله چون سختی زیادی دارد نیروی زلزله را جذب نموده و سریع آسیب می بیند. لذا باید با ملاحظات خاص سازه ای طراحی شود. البته بهتر است ترجیحا از سازه جدا باشد.



برای دریافت عکسهای خرابی سازه ها در زلزله و مطالعه

WWW.KHALVATI.IR

مطالب تکمیلی در این خصوص به وب سایت زیر مراجعه نمایید: