



بناام خدا

دوره کاربردى

آیین نامه زلزله ۲۸۰۰

ویرایش چهارم



دانشگاه آزاد واحد مشهد

حمید کاظمی دکتری مهندسی زلزله، عضو هیات علمی



سرفصل مطالب

۲

- تاریخچه آیین نامه ها در ایران
- روش های طرح سازه ها در برابر زلزله
- بررسی ضوابط ویرایش چهارم
- مقایسه ضوابط ۲۸۰۰ با ASCE 7
- نکات اجرایی، عملیاتی در محاسبات
- نحوه اعمال برخی ضوابط در نرم افزار Etabs



تاریخچه تدوین آیین نامه ها در ایران

- اولین گام ها پس از زلزله ۱۰ شهریور ۱۳۴۱ بومین زهرا در سال ۱۳۴۳ برداشته شد. تعیین بارهای زلزله در فصل هشتم آیین نامه ۵۱۹ بود که در سال ۱۳۴۹ منتشر گردید.
- آیین نامه زلزله (استاندارد ۲۸۰۰) در سال ۱۳۶۷ قانونی شد و برای تجدیدنظر آن، هر ۵ سال یکبار پیش بینی گردید.
- ویرایش دوم سال ۷۸
- ویرایش سوم سال ۸۴
- ویرایش چهارم سال ۹۴



روش های طرح سازه ها در برابر زلزله های بزرگ

- پذیرش پاسخ غیرالاستیک سازه که با تسلیم و در نتیجه با ایجاد خسارت در زلزله های بزرگ همراه بوده، در نتیجه لازم است چگونگی، مقدار و محل آنها کنترل گردد (موردنظر بیشتر آیین نامه ها).
- جداسازی پایه سازه از ارتعاش زمین.
- افزایش میرایی با ایجاد سیستم های جاذب انرژی در ساختمان و کاهش طیف پاسخ.
- **تذکر:** در دو مورد اخیر ورود سازه به محدوده غیر ارتجاعی بسیار محدود است.



هدف: تعیین حداقل ضوابط و مقررات برای طرح و اجرای ساختمان‌ها برای مقاومت در برابر زلزله

۵

- ۱- ساختمان‌های با "اهمیت متوسط" در اثر **زلزله طرح**، آسیب عمده‌سازه‌ای و غیر سازه‌ای نبینند و تلفات جانی در آنها حداقل باشد.
- ۲- ساختمان‌های با "اهمیت زیاد" در اثر زلزله طرح، آسیب عمده نبینند، به‌طوری که در زمان کوتاهی قابل مرمت باشند.
- ۳- ساختمان‌های با "اهمیت خیلی زیاد"، در اثر زلزله طرح، تغییر مقاومت و سختی در اجزای سازه‌ای و غیرسازه‌ای نداشته باشند، به‌طوری که بهره‌برداری از آنها امکان‌پذیر باشد.
- ۴- کلیه ساختمان‌های بلندتر از ۵۰ متر و یا بیش‌تر از ۱۵ طبقه و نیز کلیه ساختمان‌های با اهمیت زیاد و خیلی زیاد در اثر **زلزله بهره‌برداری** آسیبی نبینند و قابلیت بهره‌برداری خود را حفظ نمایند.



زلزله مبنای طراحی چه زلزله ایست؟

بر اساس نوع سازه، کاربری آن و نظر کارفرما تعیین می گردد.

۶

■ زلزله با احتمال بالا (زلزله بهره برداری)

معادل ۹۹/۵ درصد در ۵۰ سال

معادل ۵۰ درصد در ۵۰ سال

معادل ۱۰ درصد در ۵۰ سال

معادل ۵ درصد در ۵۰ سال

معادل ۲ درصد در ۵۰ سال

■ زلزله با احتمال متوسط

■ زلزله نادر (زلزله طرح)

■ زلزله بسیار نادر

■ زلزله حداکثر

بطور معمول آیین نامه ها ایمنی جانی به همراه کنترل قابل قبول خسارات را با احتمال ۱۰ درصد در ۵۰ سال کافی می دانند.

$$P = 1 - e^{-\frac{t}{T}}$$

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^t$$



انتخاب اولیه، سیستم سازه و روش تحلیل

۷

- ملاحظات کلی معماری، غالباً بصورت توصیه ای بوده و بصورت ضمنی باعث بهبود رفتار و عملکرد ساختمان می شوند.
- ملاحظات کلی سازه، توصیه ای و اجباری، با ایجاد کمترین تداخل با معماری.

ملاحظات اجباری سازه

- ارتفاع، کمتر از مقادیر مجاز طبق جدول ۳-۴ آیین نامه
- سیستم سازه، با توجه به نوع کاربری و لرزه خیزی محل
- روش تحلیل، با توجه به محدودیت های آیین نامه (منظمی و نامنظمی)



محدودیت ها و ممنوعیت های طرح

۸

- شکل پذیری متوسط، برای ساختمان با اهمیت خیلی زیاد
 - قاب ساختمانی مهاربندی شده، برای بیش از ۱۵ طبقه یا ۵۰ متر ارتفاع
 - دال تخت در قاب خمشی، بیش از ۳ طبقه و یا ۱۰ متر
 - مشارکت تیرهای بتنی، با ارتفاع کمتر از ۳۰ سانتیمتر در قاب خمشی
- مغایرت با ASCE:** ممنوعیت استفاده از نامنظمی توام پلان و ارتفاع روی خاک های متوسط و ضعیف



محدودیت ها و ممنوعیت های طرح

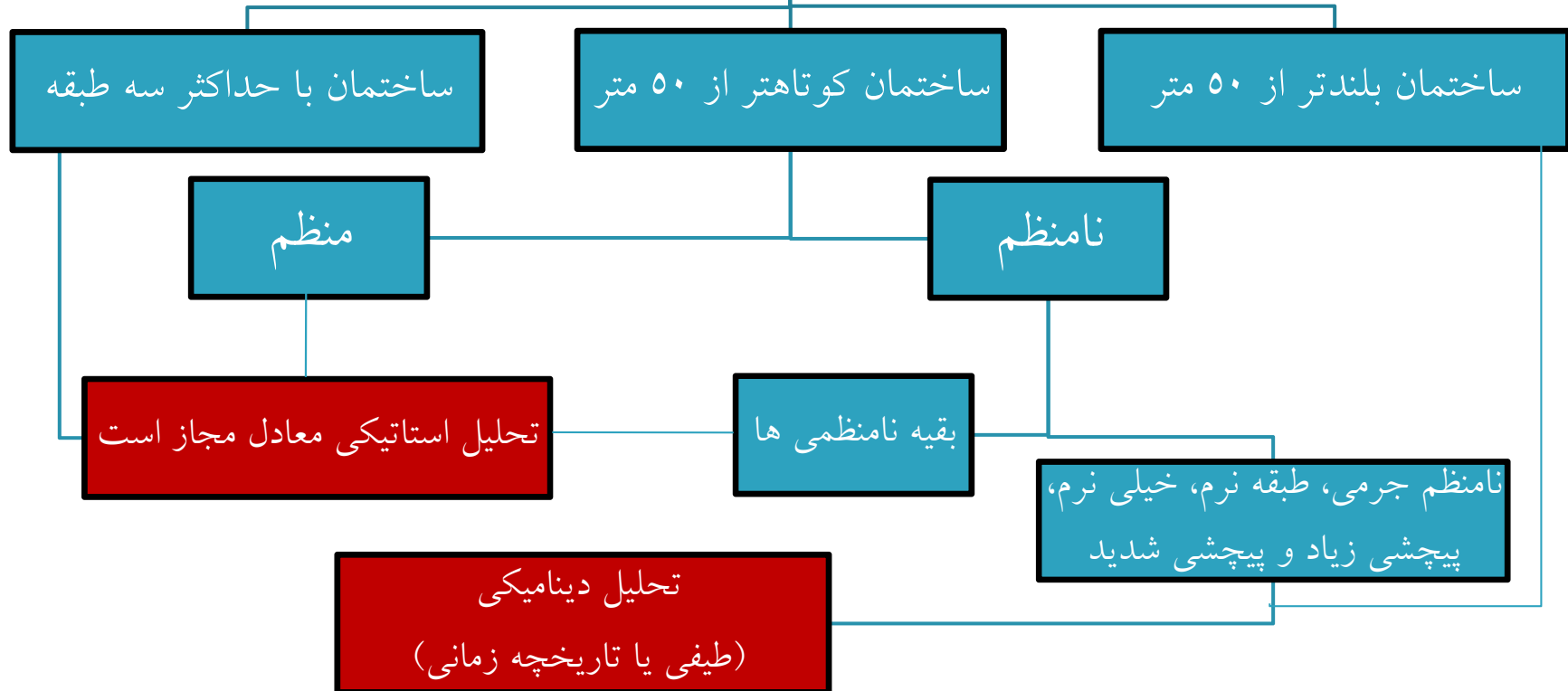
۹

- طبقه خیلی ضعیف، در خطر نسبی متوسط و بالاتر و در خطر نسبی کم با بیش از ۳ طبقه و یا ۱۰ متر
- طبقه خیلی نرم و شدید پیچشی، در خطر نسبی متوسط و بالاتر روی خاک نوع ۴.
- سیستم بتنی معمولی (قاب یا دیوار)، با اهمیت زیاد و خیلی زیاد با اهمیت متوسط در مناطق لرزه خیز ۱ و ۲ با اهمیت متوسط در مناطق ۳ و ۴ بیش از ۱۵ متر



انتخاب روش تحلیل

۱۰





گروه بندی ساختمان ها بر حسب شکل و ترکیب بندی

• منظم

• نامنظم که به تفکیک برای پلان و ارتفاع تعریف شده است.

تفاوت اصلی در دیدگاه ویرایش ۴: ایجاد برخی نامنظمی ها در سازه می تواند منجر به تغییر اساسی در سیستم سازه و طراحی گردد. لذا تعیین نوع نامنظمی نیز مهم است.

نقاط قوت و ضعف: همچنان در برخی موارد بصورت کمی و در برخی بطور کیفی ارائه شده است و در **ASCE 7** نیز مشابه است که البته قضاوت در کارهای مهندسی، جزئی لاینفک است.

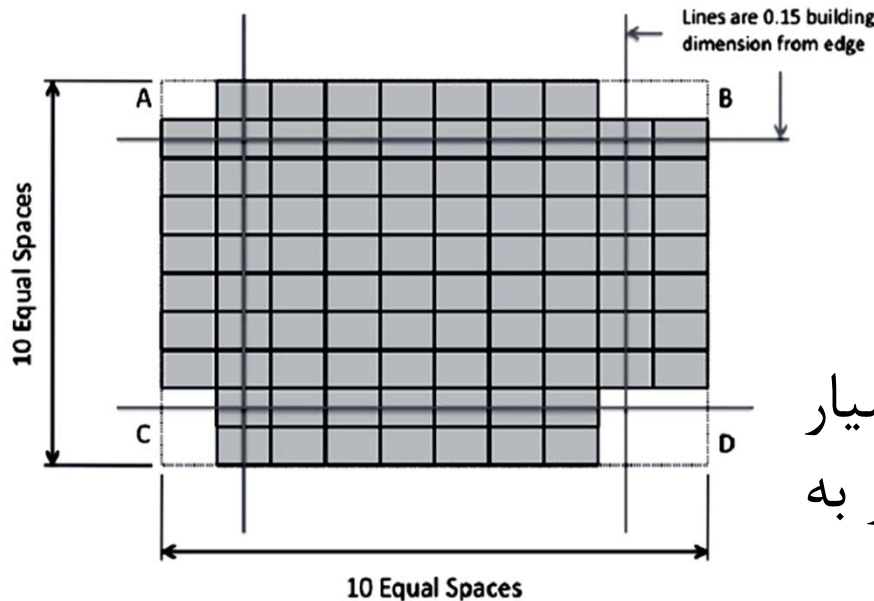


نامنظمی در پلان

۱۲

نامنظمی هندسی: پس رفتگی گوشه ها از دو جهت بیش از ۲۰٪ (در نمایش تصویری ۱۵٪)

نکته: در ASCE مقدار ۱۵٪ داده شده است.
ابهامات:



- پس رفتگی فقط در گوشه ها
- چند پس رفتگی با ابعاد کوچک
- پلان دوزنقه

معمولا از آنجا که این موارد دارای تنوع بسیار بالا بوده و با پیشرفت روشهای تحلیلی، نیاز به تفصیل بیشتر ندارند.



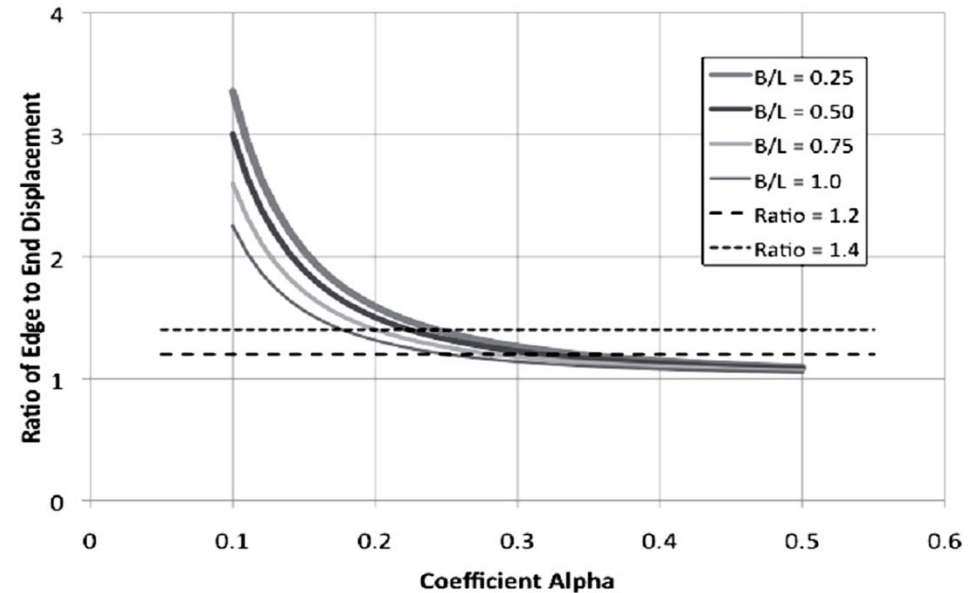
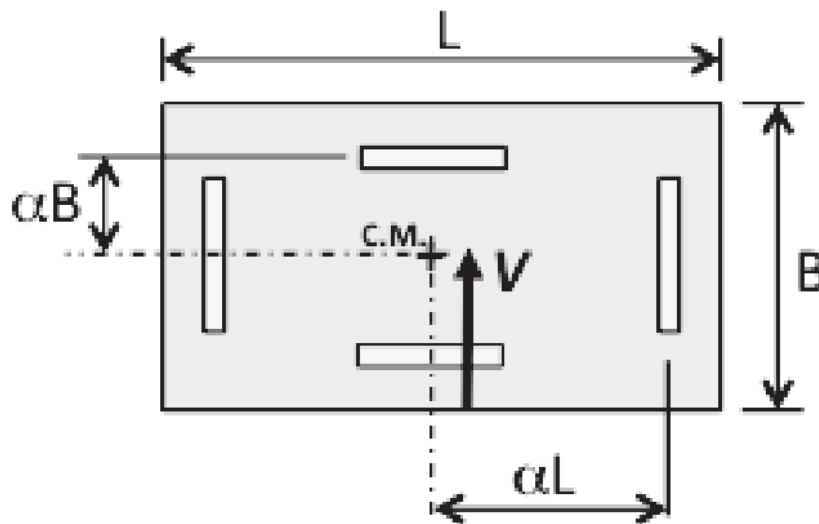
نامنظمی در پلان

۱۳

نامنظمی پیچشی

- در ساختمان های کاملا متقارن نیز می تواند ایجاد گردد.
- با قراردادن دیوارها در محیط خارجی کاهش می یابد.
- با افزایش طول به عرض پلان، تشدید می شود.

$$Ratio = \frac{\Delta_{EDGE}}{\Delta_{CENTER}} = 1 + \frac{0.025}{\alpha^2 \left[1 + \left(\frac{B}{L} \right)^2 \right]}$$





نامنظمی در پلان

۱۴

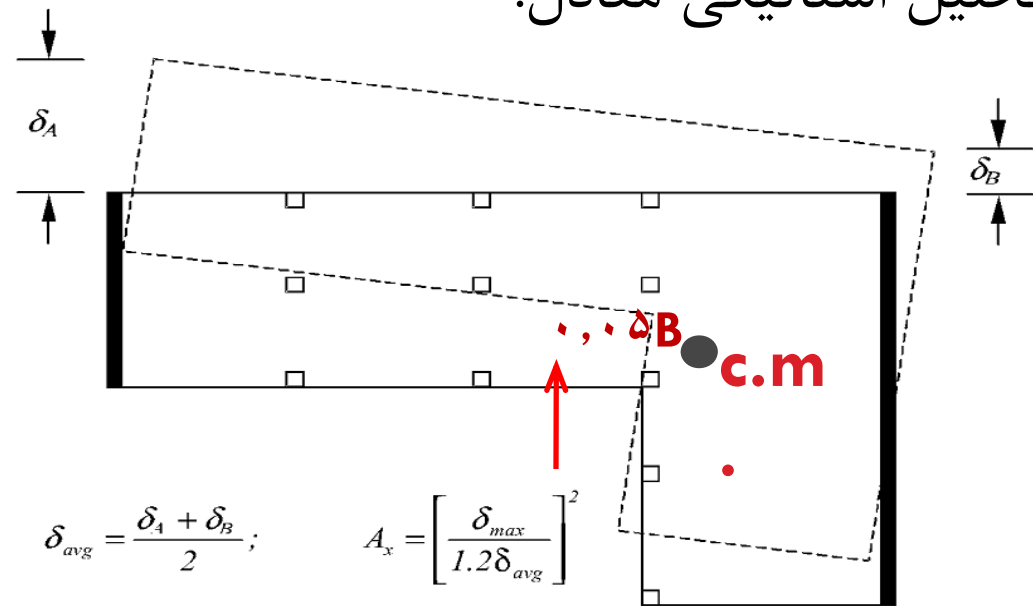
نامنظمی پیچشی زیاد: ممنوعیت تحلیل استاتیکی معادل. $1.2 < \frac{\delta_{max}}{\delta_{ave}} < 1.4$

نامنظمی پیچشی شدید: ممنوعیت در خطر متوسط و بالاتر روی خاک نوع ۴ و تحلیل استاتیکی معادل.

$$1.4 < \frac{\delta_{max}}{\delta_{ave}}$$

• تعیین این مقدار، در فهرست گزارش های تحلیلی Etabs براحتی قابل حصول بوده و برای آن تنها اثر برون محوری اتفافی در نظر گرفته می شود.

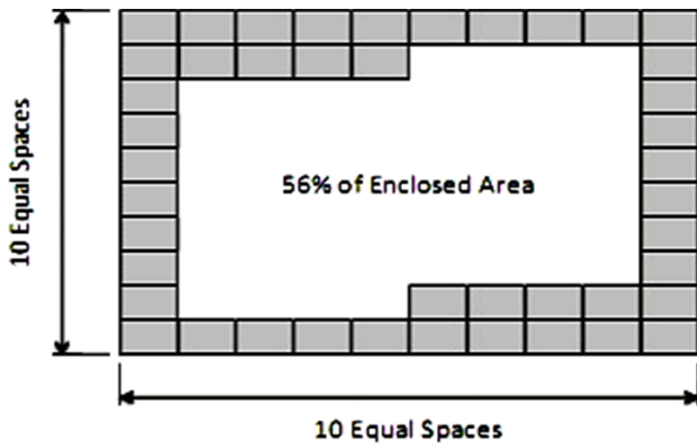
تذکر: در نامنظمی پیچشی، رفتار سازه به شدت تحت تاثیر دیافراگم است.



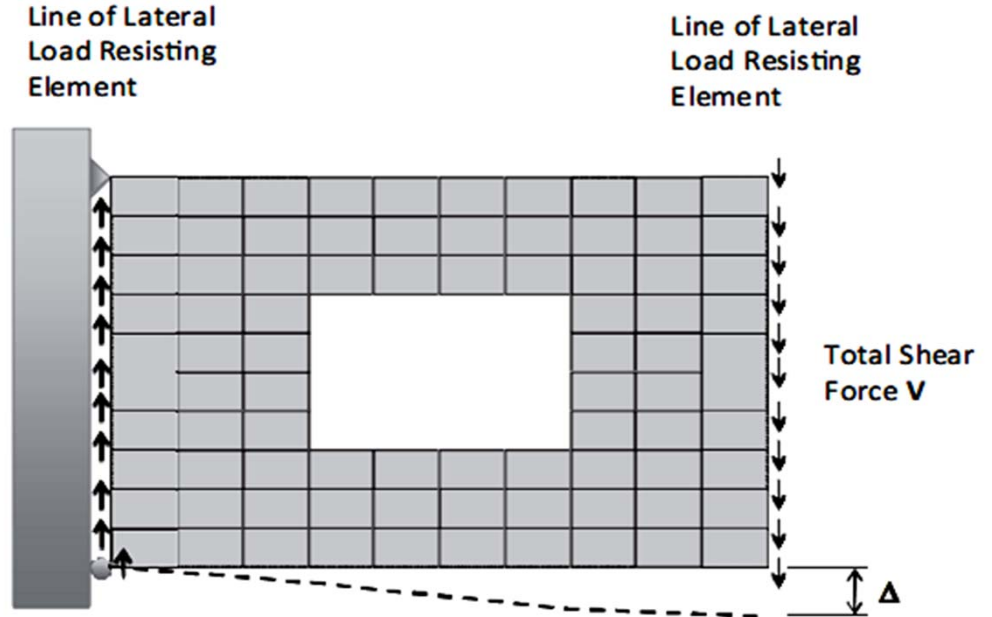


نامنظمی در پلان

۱۵



دیافراگم: تغییر ناگهانی در سطوح باز شو
و یا سختی دیافراگم بیش از ۵۰٪
تعیین سختی دیافراگم:

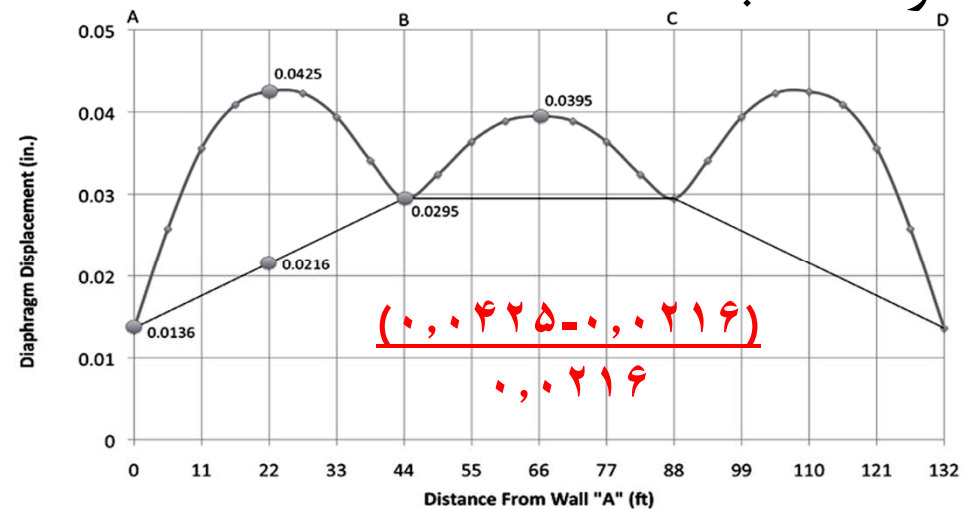
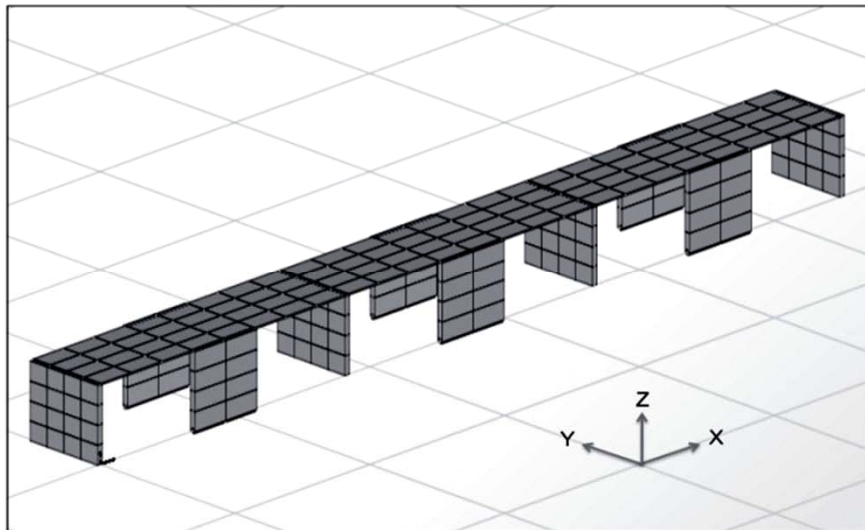




تعیین نوع دیافراگم:

دیافراگم: با ایجاد مدل اجزای محدود می توان با دقت خوبی، انعطاف پذیری و سختی دیافراگم را محاسبه نمود.

صلب: جابجایی نسبی دیافراگم کمتر از نصف مقدار جابجایی متوسط طبقه.
نیمه صلب: جابجایی نسبی دیافراگم بیش از نصف و کمتر از دو برابر مقدار متوسط طبقه





نامنظمی در پلان

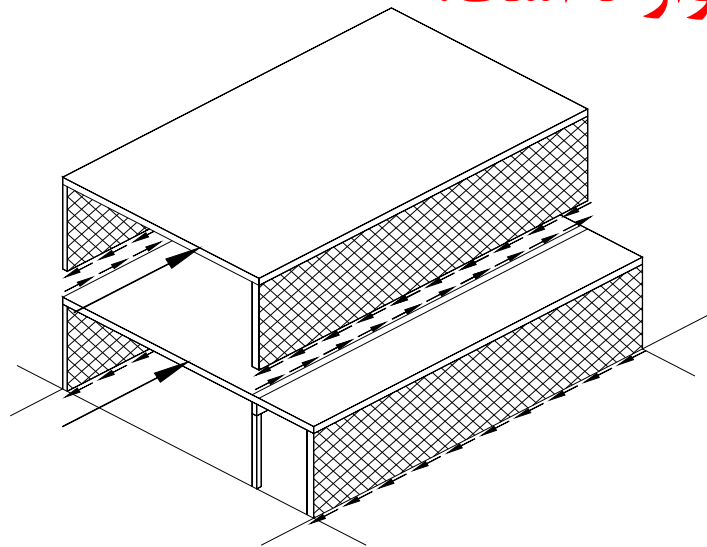
۱۷

خارج صفحه: تغییر صفحه سیستم باربر جانبی که باعث تغییر مسیر انتقال بار از وضع قائم به افقی می شود.

بدیهی است که طرح دیافراگم تحت نیروهای انتقال یافته ضروری است.

تذکر: نیروی انتقالی شامل نیروی دیافراگم و دیوارها است.

بنظر می رسد که فرمول آیین نامه اشتباه باشد.



$$F_{pui} = \left(\sum_{j=1}^n \frac{F_{uj}}{W_j} \right) W_i$$

۲۸۰۰

$$F_{px} = \frac{\sum_{i=x}^n F_i}{\sum_{i=x}^n w_i} w_{px}$$

ASCE 7



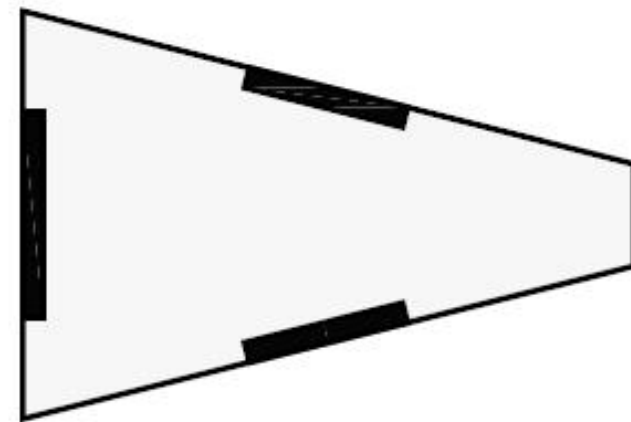
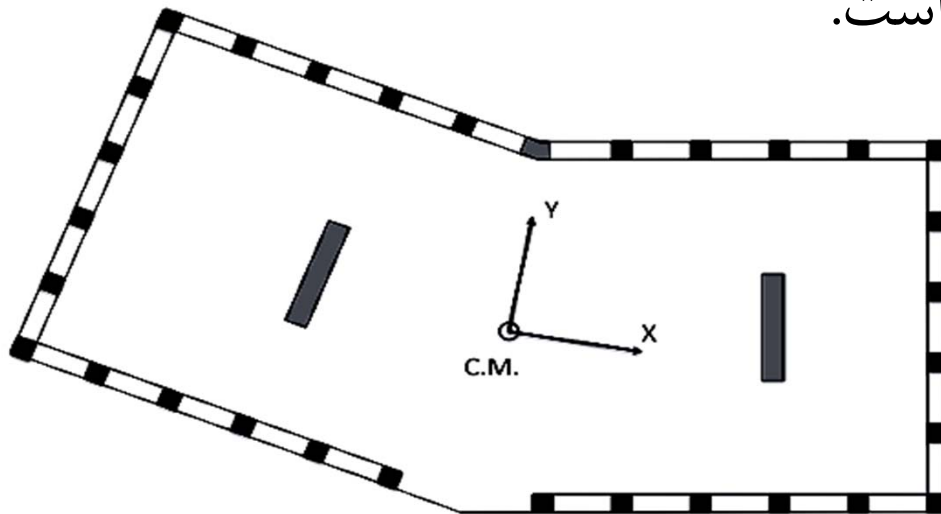
نامنظمی در پلان

۱۸

سیستم های غیر موازی: تغییر زاویه اجزای قائم باربر جانبی در پلان
ابهامات:

• زاویه انحراف حداقل تعیین نشده است.

از آنجا که این موارد دارای تنوع بسیار بالا بوده و لذا با پیشرفت روش های
تحلیلی، نیاز تفصیل بیشتر دیده نشده است.





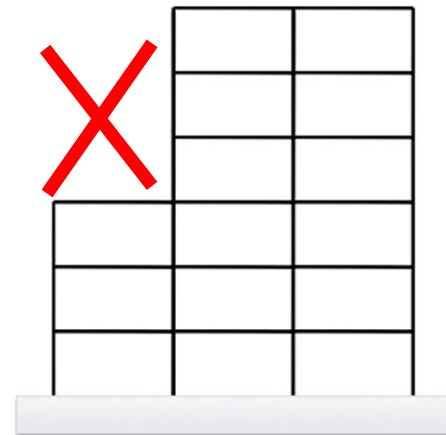
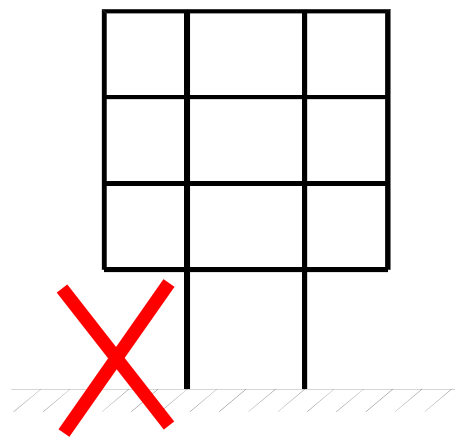
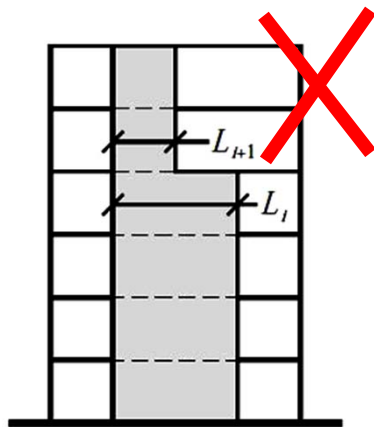
نامنظمی در ارتفاع (کاملاً مشابه ASCE 7)

هندسی : تغییر ابعاد سیستم باربر جانبی بیش از ۳۰٪

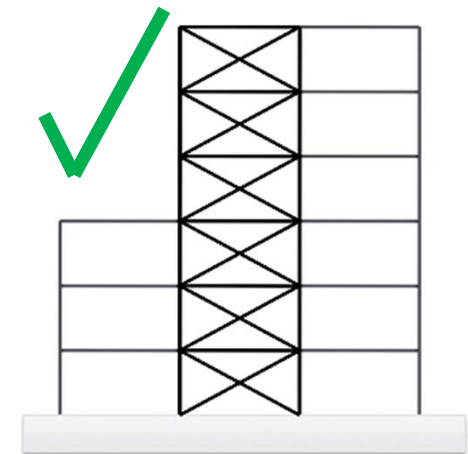
در اشکال زیر تنها شکل سمت بدلیل یکنواختی در سیستم مهار جانبی منظم تلقی می شود.

Irregular:

$$L_i > 1.3L_{i+1}$$



(a) Moment Frame

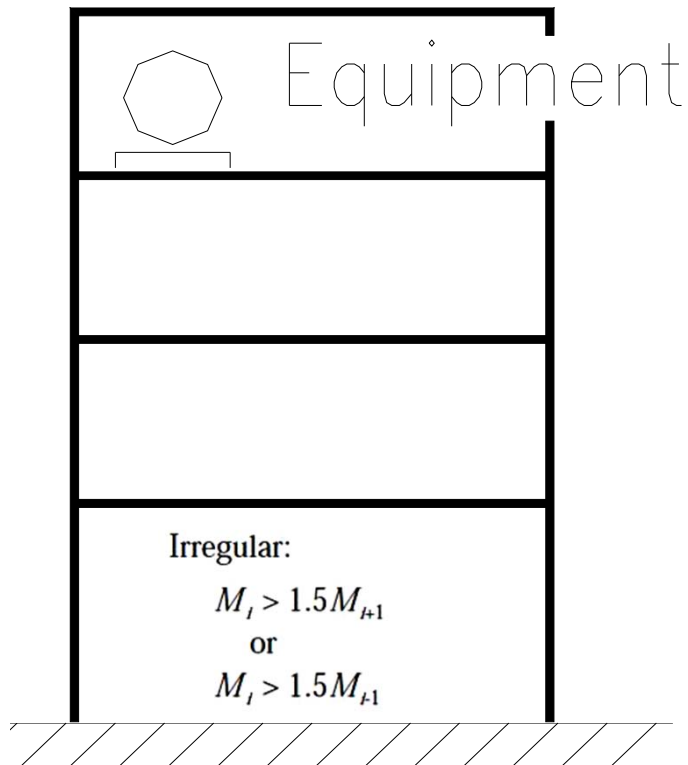


(b) Braced Frame



نامنظمی در ارتفاع

۲۰



جرمی: تغییر ناگهانی جرم طبقه بیش از ۵۰٪
نکته: منظور جرم موثر لرزه ای است. یعنی $D+\alpha L$ که α درصد بار زنده است. مطابق با دیدگاه ASCE^۷، برای ساختمان مسکونی و محل اجتماع مانند مدرسه این درصد یکسان (۲۰٪) در نظر گرفته شده است.

تذکر: ممنوعیت تحلیل استاتیکی معادل.

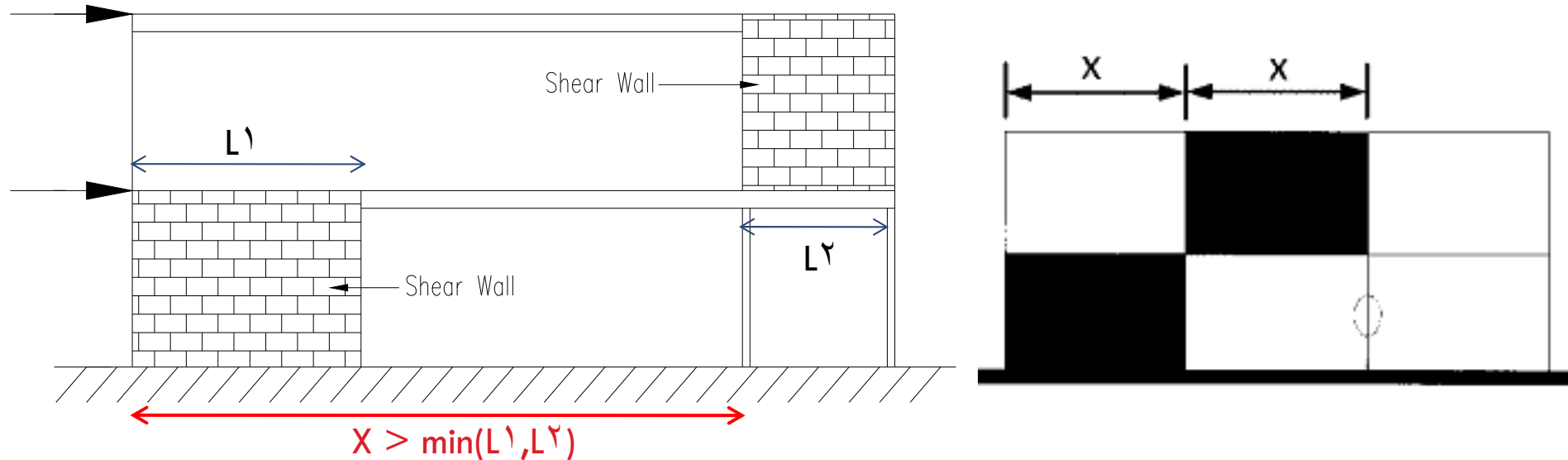


نامنظمی در ارتفاع

۲۱

• قطع سیستم باربر جانبی: در ارتفاع ساختمان

تذکر: اگرچه وقتی $X = \min(L_1, L_2)$ نامنظمی ندارد، اما توصیه بر استفاده از زلزله شدید یافته در طرح اعضای ستونی می باشد.





نامنظمی در ارتفاع

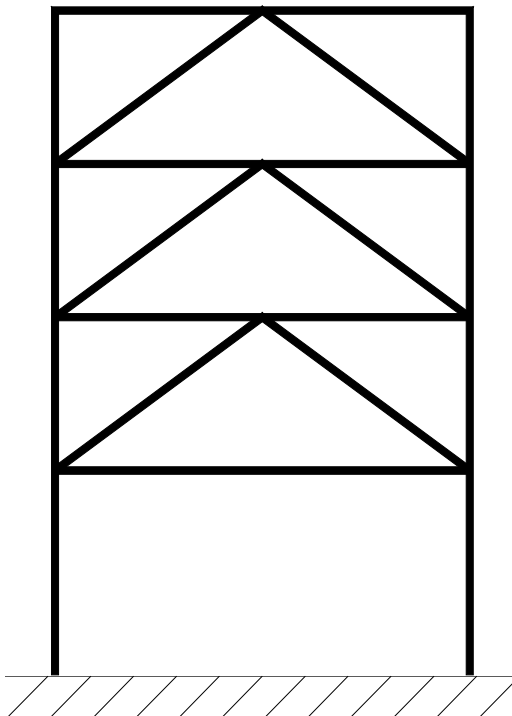
۲۲

مقاومت جانبی :

• طبقه ضعیف: $0.65 < \frac{R_i}{R_{i+1}} < 0.80$

• طبقه خیلی ضعیف: $\frac{R_i}{R_{i+1}} < 0.65$

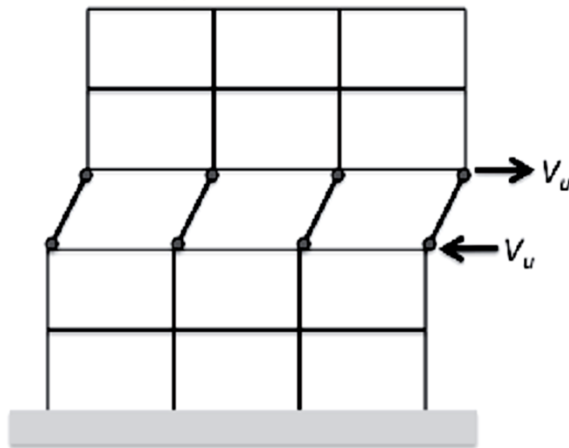
تذکر: با توجه به محدودیت های داده شده (در منطقه با خطر نسبی متوسط و بالاتر، در خطر نسبی کم با حداکثر ۳ طبقه و ۱۰ متر)، عملا استفاده از سیستم با "طبقه خیلی ضعیف" ممنوع شده است.





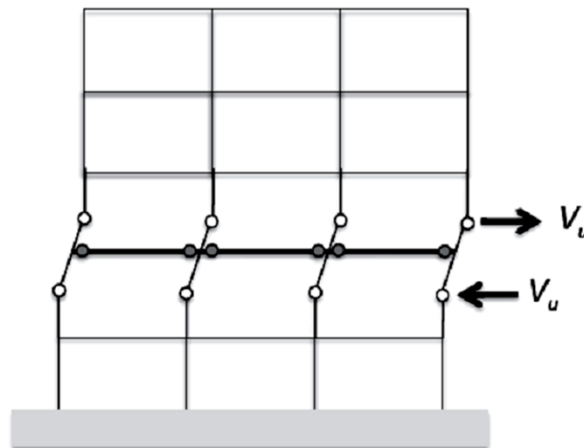
تعیین مقاومت جانبی طبقه

منظور آن معمولا مقاومت برشی طبقه است و بر اساس مکانیزم ستون یا تیر و با اعمال اثر نیروی محوری ستون ها در تعیین مقاومت خمشی اعضای سازه تعیین می شود.



(b) Column Mechanism

$$V_{yi} = \frac{2 \sum_{k=1}^m M_{pCk}}{H}$$



(c) Beam Mechanism

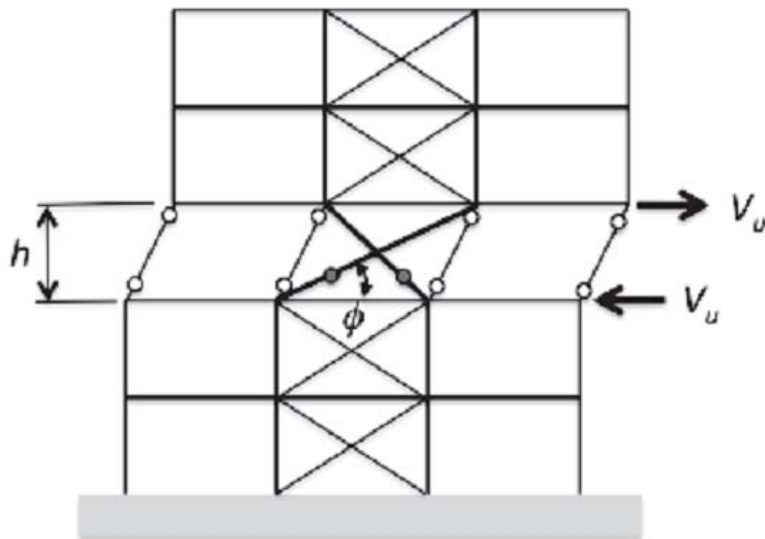
$$V_{yi} = \frac{2 \sum_{j=1}^n M_{pGj}}{H}$$

- برای قاب خمشی برابر حداقل دو مقدار زیر:

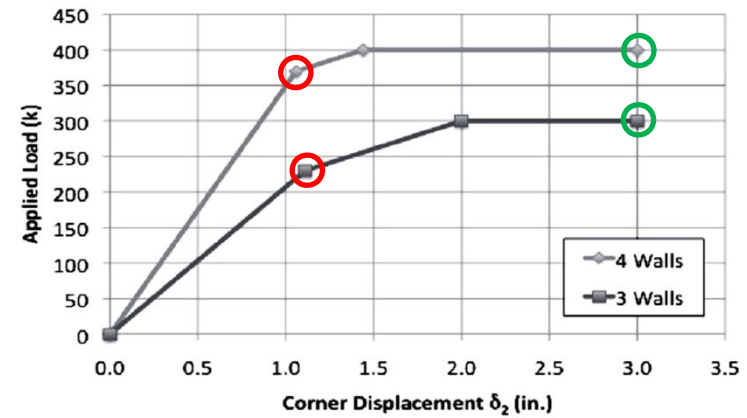


تعیین مقاومت جانبی طبقه

- برای قاب مهاربندی شده بر اساس حداقل مقاومت کششی و فشاری
- برای سیستم های دیگر مانند قاب های ترکیبی معمولاً از تحلیل های غیر ارتجاعی استفاده می گردد (با اثر بارهای ثقلی و P-Delta).



(a) Brace Mechanism



Force-Deformation Plot for Structure with Three or Four Walls Using Inelastic Analysis.



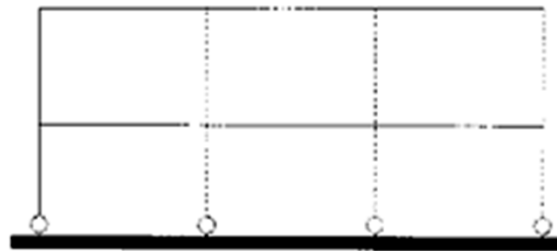
نامنظمی در ارتفاع

۲۵

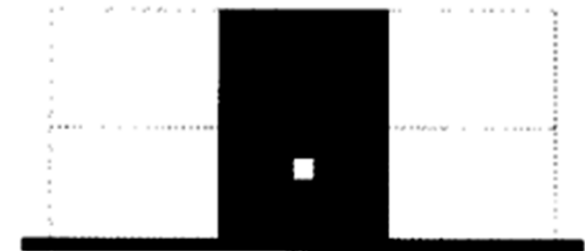
سختی جانبی:



due to increase in column height



due to pinned connection at base



due to opening in shear wall

- طبقه نرم: ممنوعیت تحلیل استاتیکی معادل.

$$0.60 < \frac{K_i}{K_{i+1}} < 0.70$$

$$0.60 < \frac{K_i}{\text{ave}(K_{i+j}, j=1-3)} < 0.70$$

- طبقه خیلی نرم: ممنوعیت در خطر متوسط و بالاتر روی خاک نوع ۴ و

$$\frac{K_i}{K_{i+1}} < 0.60$$

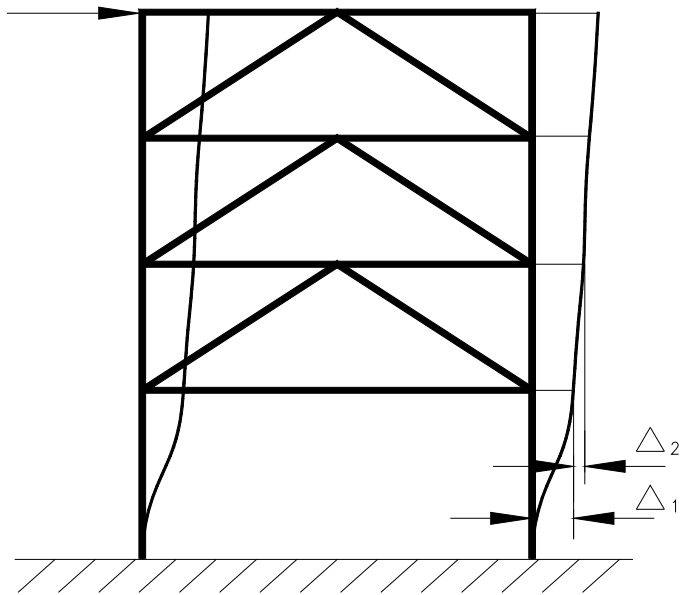
- تحلیل استاتیکی معادل.



روش تعیین سختی ارتجاعی طبقه: مناسب برای رفتار برشی

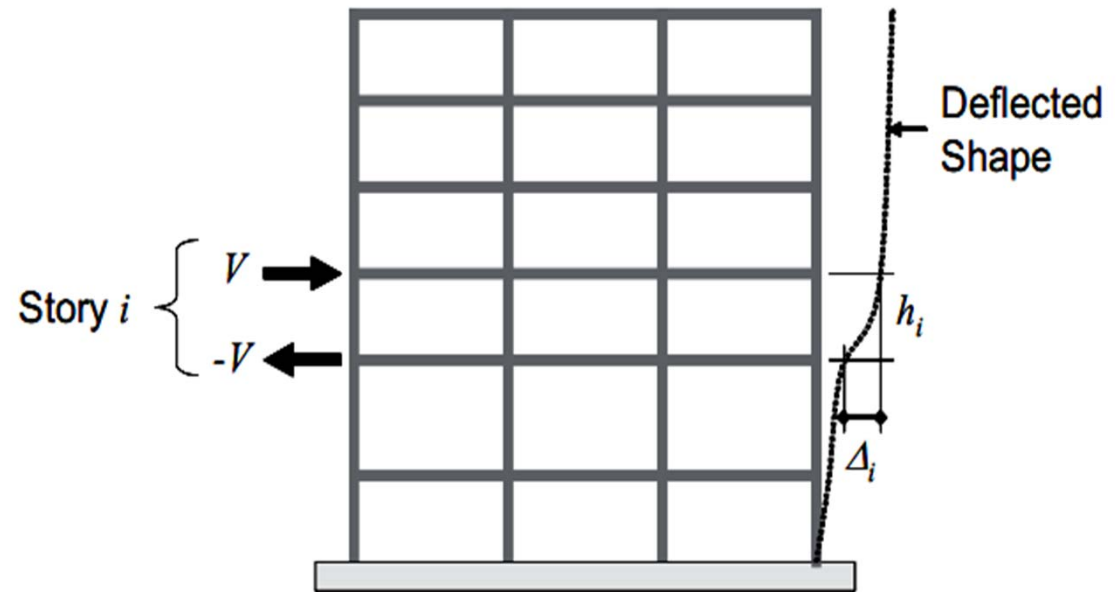
۲۶

- با اعمال دو نیروی مختلف الجهدت در تراز دو کف متوالی و تعیین جابجایی نسبی طبقه مورد نظر.



$$\text{Soft} \quad \frac{1}{\Delta_1} < 0.7 \frac{1}{\Delta_2}$$

$$\text{Extreme Soft} \quad \frac{1}{\Delta_1} < 0.6 \frac{1}{\Delta_2}$$





طبقه بندی ساختمان از نظر اهمیت

۲۷

شاخص کمی ۱ در چهار گروه معرفی شده است.

- اهمیت خیلی زیاد: ساختمانهای ضروری و خطرزای شدید
- زیاد: مهم از نظر انسانی، اقتصادی و زیست محیطی
- متوسط: ساختمان های معمولی
- کم: با خطر جانی کم و سازه های موقت

مغایرت ها با ASCE۷:

- شماره ها برعکس بوده یعنی اهمیت خیلی زیاد گروه VI و مقادیر بترتیب ۱، ۱، ۱.۲۵ و ۱.۵ می باشد.
- بطور کلی تاسیسات شهری و مراکز خدمت رسانی بر حسب نوع وظیفه در دو گروه مهم اول تقسیم بندی شده اند. مثلا مراکز درمانی دارای اورژانس و یا بخش جراحی جزو اهمیت خیلی زیاد می باشد.
- حضور ۳۰۰ نفر در یک محل نه زیر یک سقف و تعداد برای دانشگاه، مدرسه و درمانگاه تفکیک شده است.



طبقه بندی ساختمان از نظر اهمیت

۲۸

مثالهایی از نمونه های مهم در آمریکا، برای انتخاب ضریب اهمیت طبق ASCE۷ که با گروه بندی های ۲۸۰۰ منطبق شده اند:

✓ دانشگاه با ظرفیت کلاس ۵۰ نفر و مجموعاً ۴۰۰ نفر (نوع ۳)

✓ هتل با سالن ۸۰۰ نفری و کل ظرفیت ۱۰۰۰۰ نفر (نوع ۲)

✓ ساختمان ۹۰ طبقه شامل ۳ طبقه تجاری و رستوران های با ظرفیت ۱۰۰ نفر و بقیه طبقات اداری و مسکونی (نوع ۳)

✓ سیلوی گندم (نوع ۴)

تذکر: ضوابط **IBC ۲۰۰۶** نیز با اندک مغایرت هایی شبیه **ASCE ۷** است.



گروه بندی ساختمان ها بر حسب سیستم سازه ای

۲۹

این قسمت به همراه پارامترهای وابسته به آنها، بیشترین تغییر نسبت به ویرایش سوم ۲۸۰۰ را داراست.

- بسیاری از سیستم های سازه ای جدید مانند سازه با پروفیل سبک فولادی، دیوارهای بتن پاششی و مهاربند کمانش تاب اضافه شده اند.

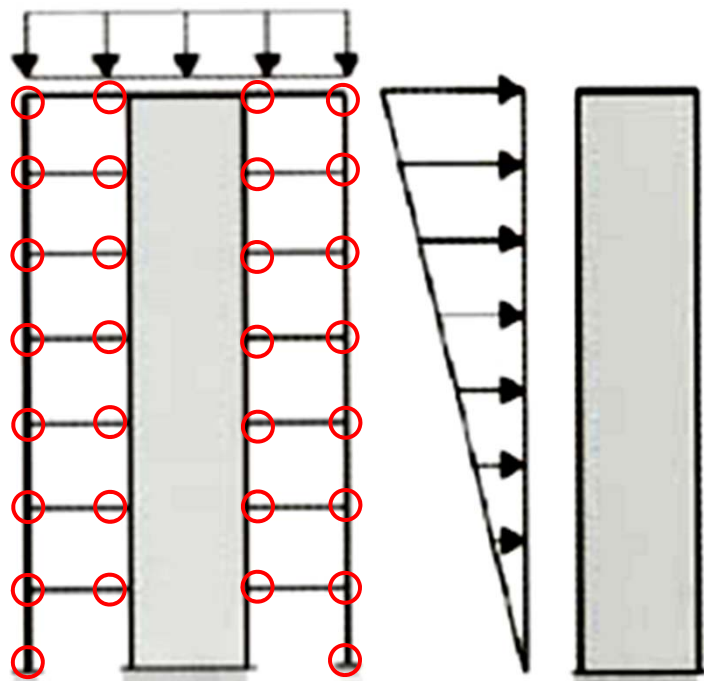




گروه بندی ساختمان ها بر حسب سیستم سازه ای

۳۰

- مطابق ویرایش ۴، در تعریف قاب ساختمانی، سیستم می تواند شامل قاب های خمشی و یا قاب های مفصلی باشد. ولی کل بار جانبی باید به سیستم مهاربند یا دیوار برشی داده شود.



تذکر: لازم است در تحلیل بارهای جانبی، اتصالات تیرها همگی **بصورت مفصل** تعریف شده و نیز بطور جداگانه توان باربری اعضا در حالت گیرداری اتصالات، برای بارهای ثقلی کنترل گردد.

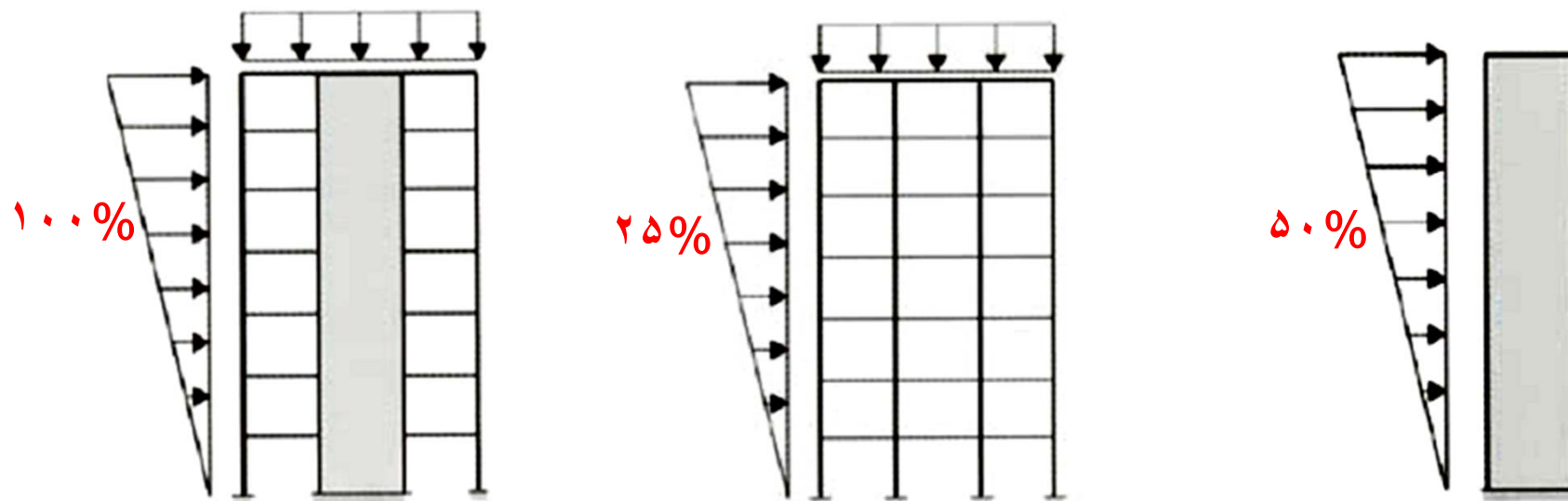


گروه بندی ساختمان ها بر حسب سیستم سازه ای

۳۱

- حداقل مشارکت قاب خمشی و یا دیوار برشی می بایست بترتیب ۲۵ و ۵۰ درصد کل بار جانبی باشد.

در صورت عدم برقراری شرط فوق سیستم دوگانه نبوده و باید ضریب رفتار را اصلاح نمود (برای کمتر از ۱۵ طبقه یا ۵۰ متر).





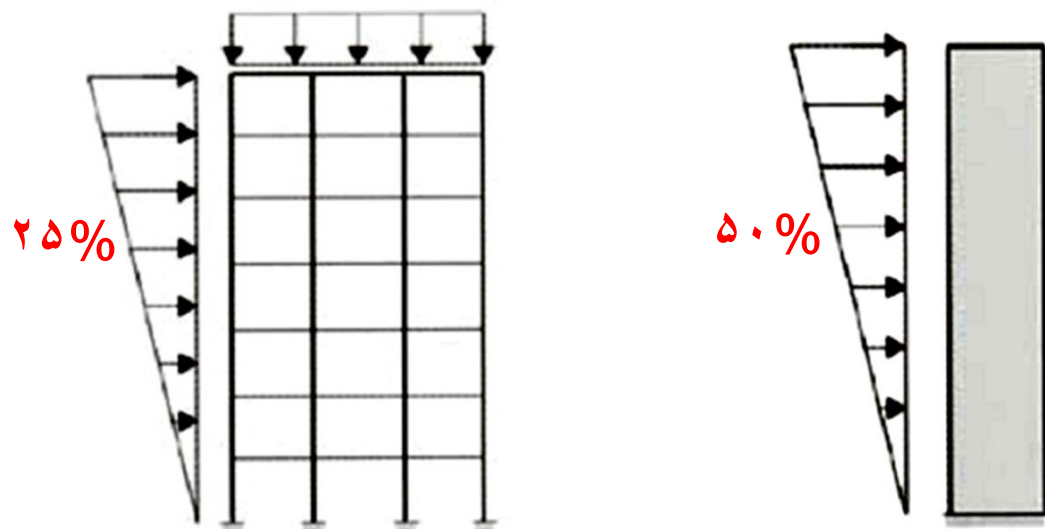
گروه بندی ساختمان ها بر حسب سیستم سازه ای

۳۲

- نحوه اعمال ۲۵ یا ۵۰ درصد بار جانبی به قاب خمشی و یا دیوار برشی تنها بصورت یکی از دو روش زیر انجام می شود:

(۱) بر اساس برش بدست آمده طبقات از تحلیل طیفی قاب دوگانه اصلی

(۲) توزیع به روش استاتیکی معادل





گروه بندی ساختمانها بر حسب سیستم سازه ای

۳۳

- در سیستم های دال تخت، مشارکت دال در تحلیل نیروهای جانبی (مدل اجزای محدود دال در تحلیل بار جانبی) مجاز نمی باشد، یعنی کل بار زلزله باید توسط سیستم مهار جانبی اصلی تحمل گردد.



- سیستم کنسولی شامل ساختمان ساده فولادی یا بتنی بوده که با گیرداری اتصالات پای ستون ها، می تواند پایدار جانبی باشد. مانند ساختمان هایی که برای جایگاه پمپ بنزین استفاده می گردد.



بررسی سیستم های سازه ای

۳۴

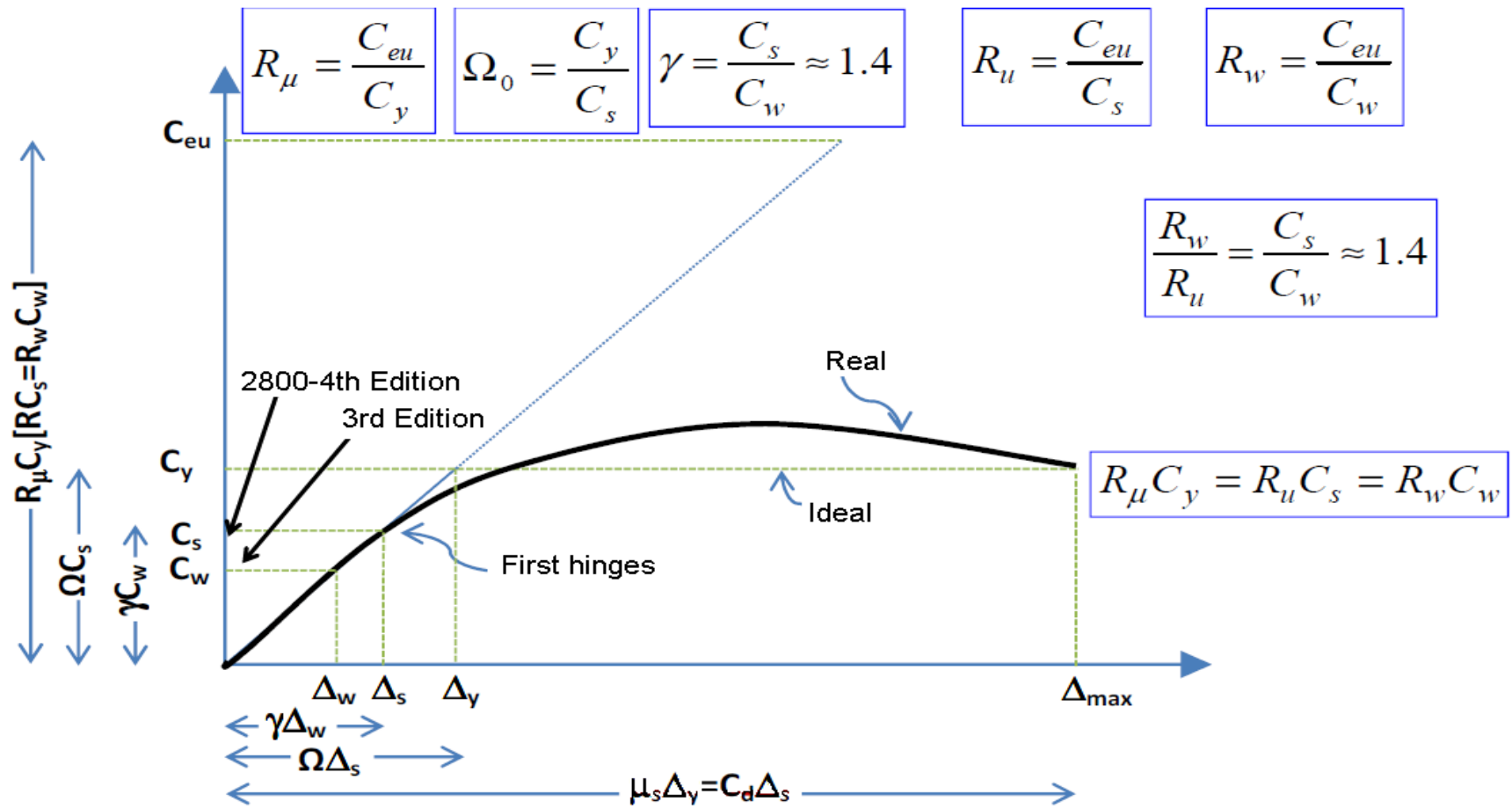
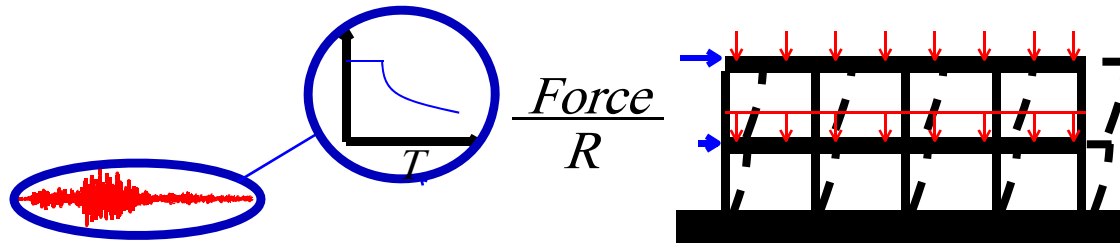
در آیین نامه ویرایش چهارم، مفاهیم پایه و در نتیجه سطوح نیرو به حد نهایی نزدیک شده اند.

ضریب رفتار سازه : مقادیر **R** در سیستم های سازه ای، نسبت به ویرایش سوم، تقریباً $1/4$ برابر کوچک شده اند و بر مبنای روش حد مقاومت بدست آمده اند. پس برای ضریب بار زلزله در ترکیب بارها، عدد ۱ قرار می گیرد.

□ معمولاً حاصل سه ضریب **شکل پذیری (۲-۵)**، **اضافه مقاومت (۱/۴)** و **سرویس (۲-۱/۲)** می باشد.

□ در استفاده از روش تنش مجاز، باید نیروی زلزله را $1/4$ برابر افزایش داد.

مفهوم ضریب رفتار





ترکیب بار زلزله در طراحی

۳۶

۳-۱۲-۲ در صورتی که طراحی سازه بر اساس مقاومت انجام شود، در ترکیب بارهای زلزله طرح با سایر بارها، بارهای جانبی و قائم زلزله باید با **ضریب بار ۱/۰** در نظر گرفته شوند. در حالتی که بر طبق آیین‌نامه طراحی، نیروی زلزله باید با در نظر گرفتن اثر اضافه‌مقاومت در کنترل اجزای سازه مورد استفاده قرار گیرد، بار جانبی زلزله طرح باید در ضریب اضافه‌مقاومت ضرب شده و در ترکیب بارها لحاظ شود و نیازی به در نظر گرفتن ضریب اضافه‌مقاومت در مؤلفه قائم زلزله نمی‌باشد.

در طراحی سازه‌های بتنی که بر اساس آیین‌نامه بتن ایران "آبا" طراحی می‌شوند، مقادیر بار زلزله باید در **ضریب ۰/۸۵** ضرب شده و در ترکیبات بار مورد استفاده قرار گیرد.



بررسی سیستم های سازه ای

۳۷

ابهامات ضریب رفتار سازه :

- مقدار **R** در سیستم قاب ساختمانی و مهاربند واگرای ویژه ۷ بوده در حالیکه برای قاب خمشی متوسط و مهاربند واگرای ویژه ۶ داده شده که منطقی نیست. در **ASCE^۷ سیستم قاب خمشی متوسط و مهاربند واگرای ویژه وجود ندارد**، لذا بنظر می رسد که در جدول آیین نامه باید عنوان سیستم **”قاب خمشی فولادی متوسط و مهاربند همگرای ویژه“** درست باشد.
- در **”مهاربند واگرا“** با رفتار خمشی، ضریب رفتار ۶ و برای رفتار برشی ۷ بوده که به نظر می رسد، می بایست تنها در قاب های ساختمانی بکار رود.

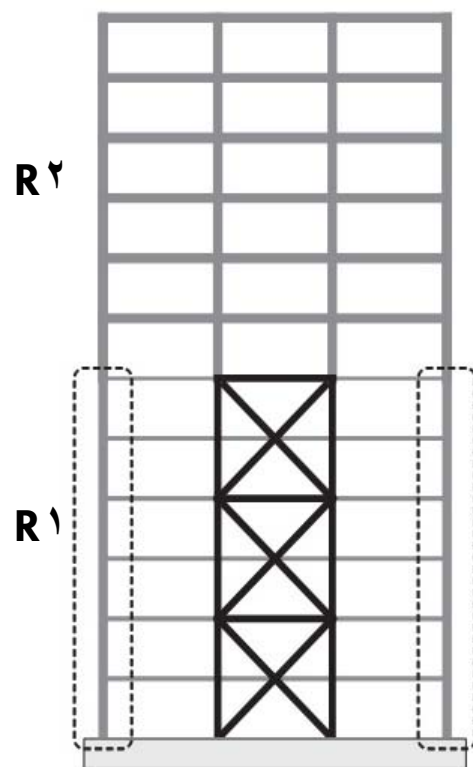


بررسی سیستم های سازه ای

۳۸

ترکیب سیستم های سازه در پلان و ارتفاع:

(منظور در بالای تراز پایه است)



Building C

- اگر $R_1 > R_2$ باشد: استفاده از R_2 در محاسبات
 - اگر $R_1 < R_2$ باشد: استفاده از R_2 در طراحی قسمت بالا و استفاده از R_1 در کل سازه برای طراحی قسمت تحتانی
- پس نیاز به تولید دو مدل محاسباتی می باشد.

ترکیب سیستم های سازه ای

مهاربند ویژه

قاب خمشی ویژه

۳۹

$$R_1 = 5,5$$

$$\Omega_{.r} = 2$$

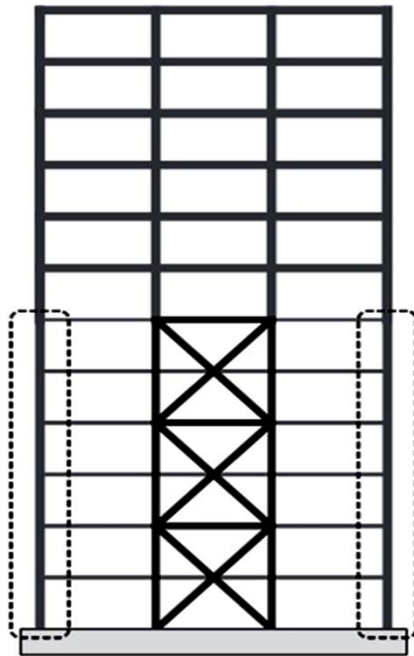
$$C_{d1} = 5$$

$$R_2 = 7,5$$

$$\Omega_{.r} = 3$$

$$C_{d2} = 5,5$$

- پارامترهای سیستم قاب خمشی و مهاربندی شامل:
- پارامترهای طرح:



Building C

$$R_2 = 7,5$$

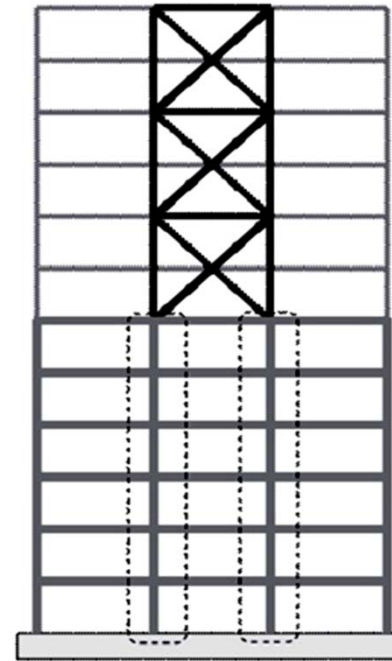
$$\Omega_{.r} = 3$$

$$C_{d2} = 5,5$$

$$R_1 = 5,5$$

$$\Omega_{.r} = 2$$

$$C_{d1} = 5$$



Building D

$$R_2 = 5,5$$

$$\Omega_{.r} = 2$$

$$C_{d2} = 5$$

$$R_1 = 5,5$$

$$\Omega_{.r} = 2$$

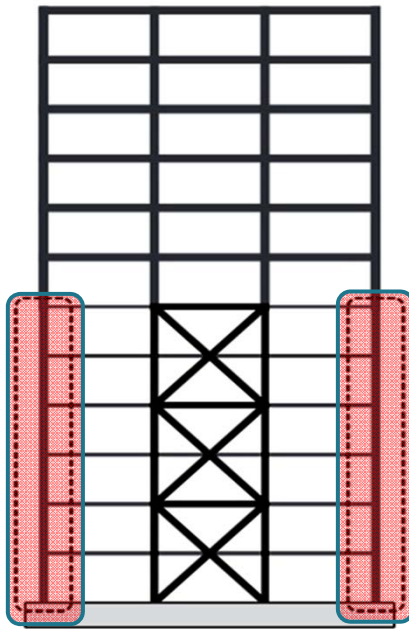
$$C_{d1} = 5$$



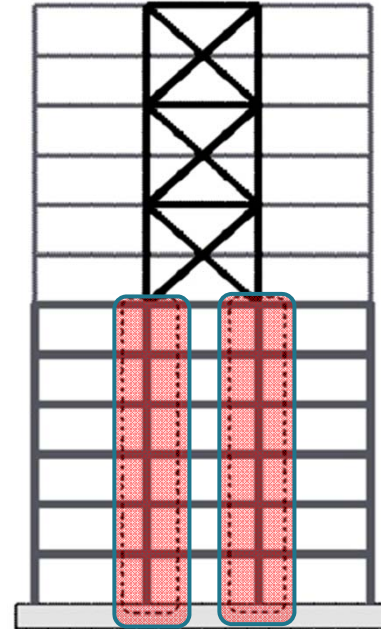
ترکیب سیستم های سازه ای

۴۰

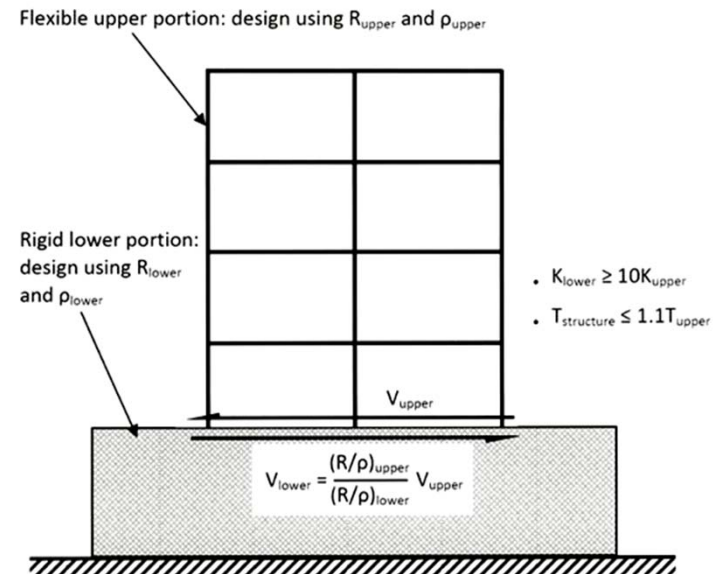
- می توان محاسبات را با $R=1$ انجام داده و نیروهای داخلی و جابجایی ها را اصلاح نمود.
- لزوم رعایت ضوابط ویژه برای نقاط مشخص شده با اثر زلزله افزایش یافته (Ω).



Building C



Building D



برش پایه :

$$V_u = C.W \quad , \quad C = A.B.I/R_u > 0.12AI$$

۴۱

چالش : در **ASCE7** نیز کلیات مشابه فوق می باشد، اما محدودیت رعایت حداقل برش پایه برای کنترل جابجایی ها حذف شده، حال آنکه در ویرایش چهارم ضروری دانسته شده است. اعمال آن تاثیر بالای بر طرح ساختمان های بلند می گردد.

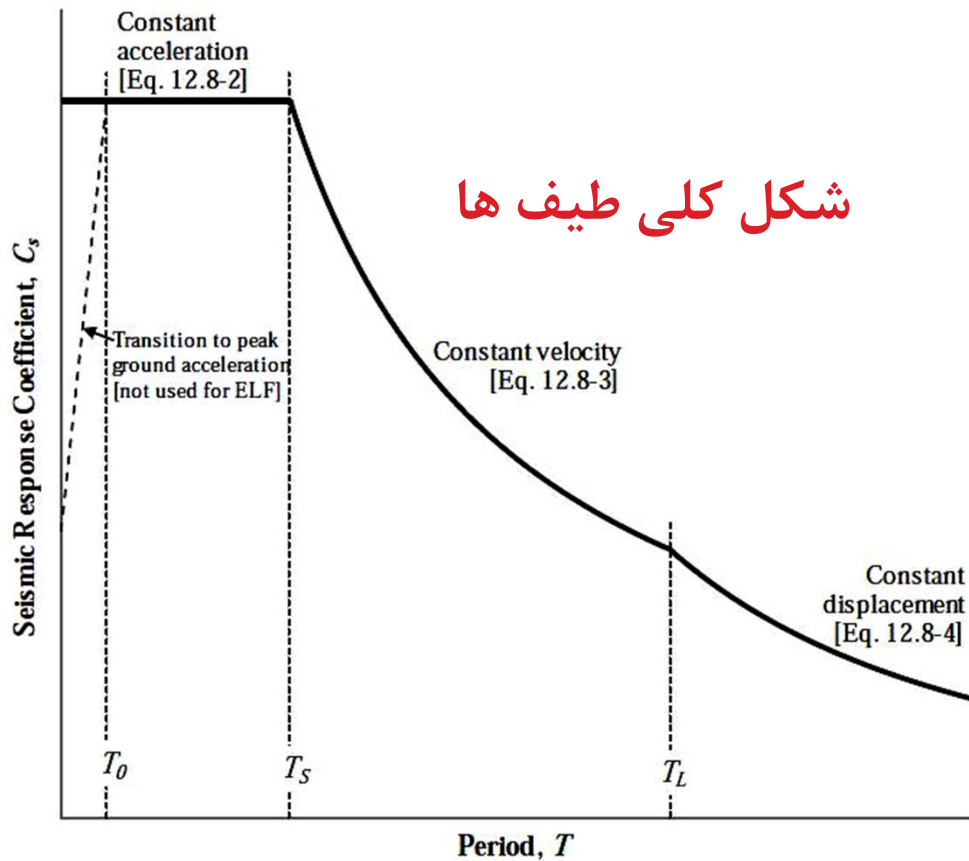
برآورد تقریبی اثر اجزای سازه در تغییرشکل های قاب های خمشی
(۱) خمش طره ای (تغییر طول محوری ستون ها) \approx ۲۰٪ کل تغییرشکل

(۲) خمش تیرها و ستون ها \approx ۸۰٪ کل تغییرشکل

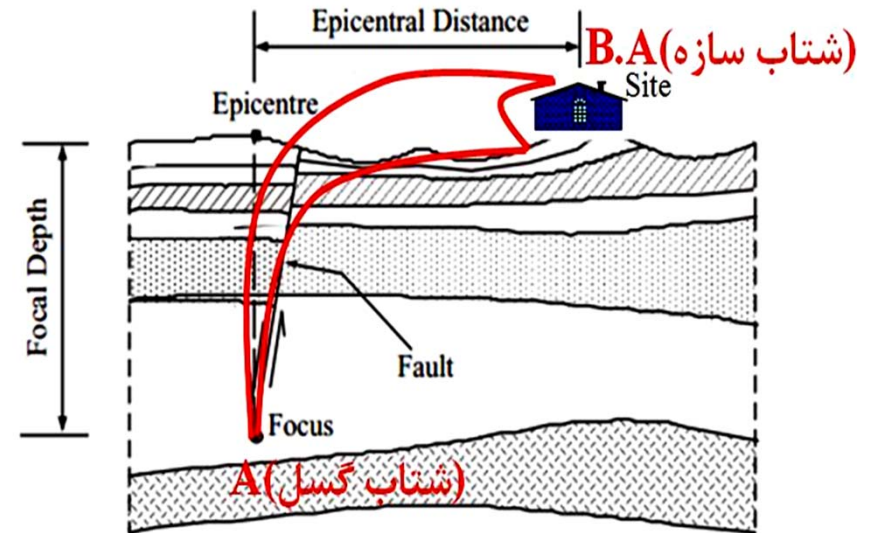
۶۰٪ تیرها	}	
۲۰٪ ستون ها		

$$V_u = C \cdot W \quad , \quad C = A \cdot B \cdot I / R_u > 0,12AI$$

برش پایه :



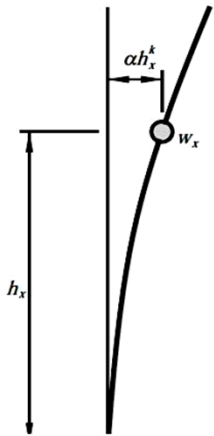
(ضریب باز تاب اثر خاک و سازه) B



برش پایه :

$$V_u = C.W \quad , \quad C = A.B.I/R_u > 0.12AI$$

۴۳



$$F_x = \omega^2 \alpha h_x^k \frac{w_x}{g}$$

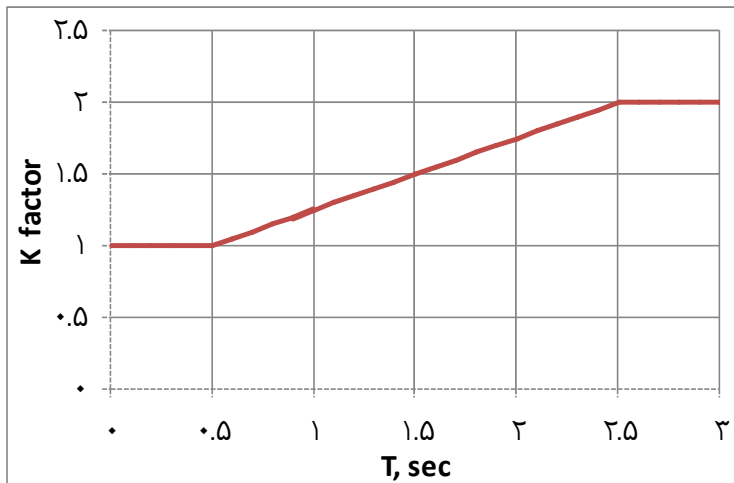
$$V_b = \sum_{i=1}^n \omega^2 \alpha h_i^k \frac{w_i}{g}$$

$$C_{\alpha} = \frac{F_x}{V_b} = \frac{w_x h_x^k}{\sum w_i h_i^k}$$

نحوه توزیع بار در طبقات ساختمان با

روش استاتیکی معادل :

$$F_{ui} = \frac{W_i h_i^k}{\sum_{j=1}^n W_j h_j^k} V_u$$



در ویرایش ۴، به جای اعمال نیروی شلاقی در طبقه آخر، توزیع غیرخطی با شکل طره ای جایگزین شده است.

تذکر: این ضریب به سادگی در Etabs قابل اعمال است.



سازمان نظام مهندس ساختمان
استان خراسان رضوی

اعمال ضریب توانی شکل مود اول جایگزین نیروی شلاقی

The screenshot shows the ETABS Nonlinear v9.7.4 software interface. The 'Define Static Load Case Names' dialog box is open, displaying a table of load cases. The 'EX' load case is selected, and its 'Auto Lateral Load' is set to 'User Coefficient'. The 'User Defined Seismic Loading' dialog box is also open, showing the 'Building Height Exp., K' value set to 1.0. The 'Direction and Eccentricity' section is set to 'X Dir'. The 'Story Range' is set to 'STORY4' to 'BASE'.

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
EX	QUAKE	0	User Coefficient
DEAD	DEAD	1	
LIVE	LIVE	0	
EX	QUAKE	0	User Coefficient

User Defined Seismic Loading

Direction and Eccentricity:
 X Dir
 Y Dir
 X Dir + Eccen Y
 Y Dir + Eccen X
 X Dir - Eccen Y
 Y Dir - Eccen X

Ecc. Ratio (All Diaph.)
Override Diaph. Eccen. [Override...]

Factors:
Base Shear Coefficient, C: 0.1
Building Height Exp., K: 1.0

Story Range:
Top Story: STORY4
Bottom Story: BASE

Buttons: OK, Cancel

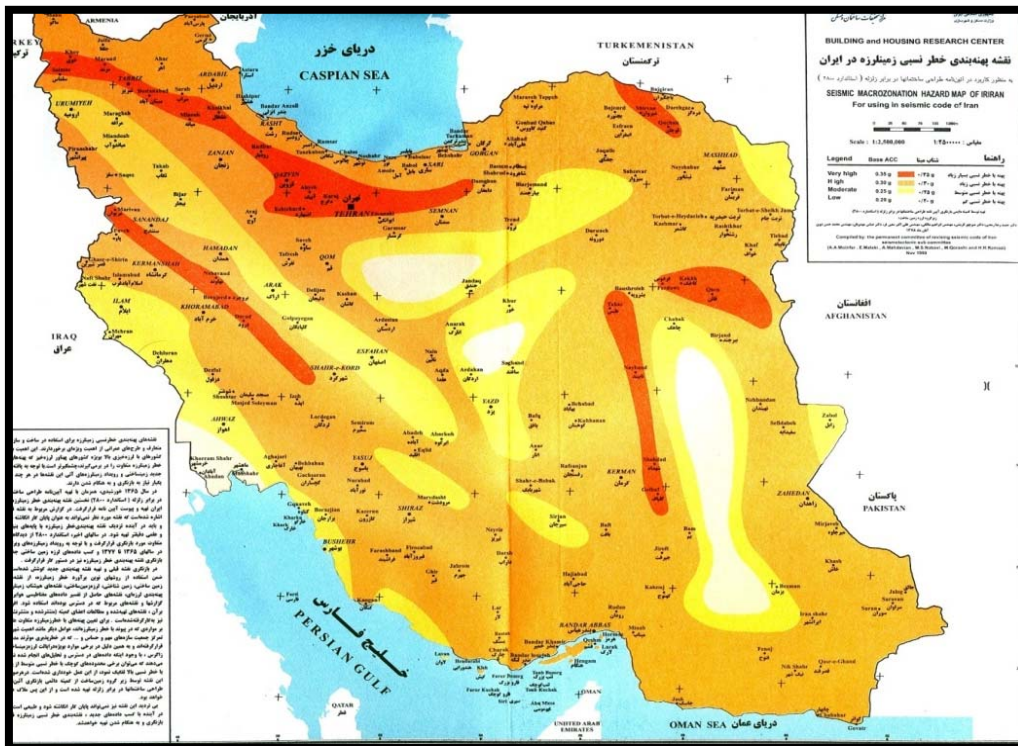
ضریب k برای
توزیع نیروی
زلزله در روش
استاتیکی معادل

شتاب مبنای طرح، A

• نشان دهنده شتاب ماکزیمم زلزله طرح در سطح سنگ بستر و بصورت ضریبی از g است و از نقشه پهنه بندی لرزه‌ای، برای هر منطقه به دست می‌آید.

• این ضریب بر اساس بزرگا و دوره بازگشت زلزله‌های اتفاق افتاده، فاصله از گسل‌های فعال و شدت فعالیت آنها به دست می‌آید.

نقشه خطر لرزه ای ایران، با اندکی تغییر نسبت به ویرایش سوم در برخی نقاط بخصوص در استان‌های غربی، خراسان شمالی، سیستان و کرمان، کمی افزایش یافته است.



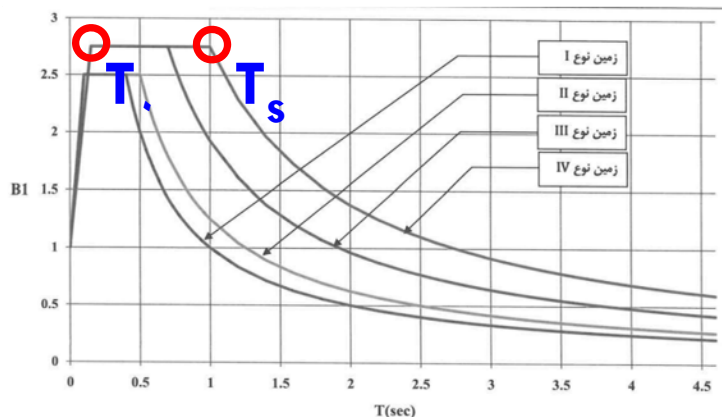


ضریب بازتاب ساختمان (ضریب بزرگنمایی طیفی)، B

۴۶

- نشان دهنده ضریب بزرگنمایی شتاب زمین در سازه است که اثرات خاک و سازه هر دو را در بر دارد.
- این ضریب نشان دهنده شکل طیف شتاب زلزله و نیروی وارده به سازه است.
- بستگی به نوع خاکی که سازه بر روی آن قرار می‌گیرد، دارد.
- مقدار B :

$$B = B_1 \cdot N$$



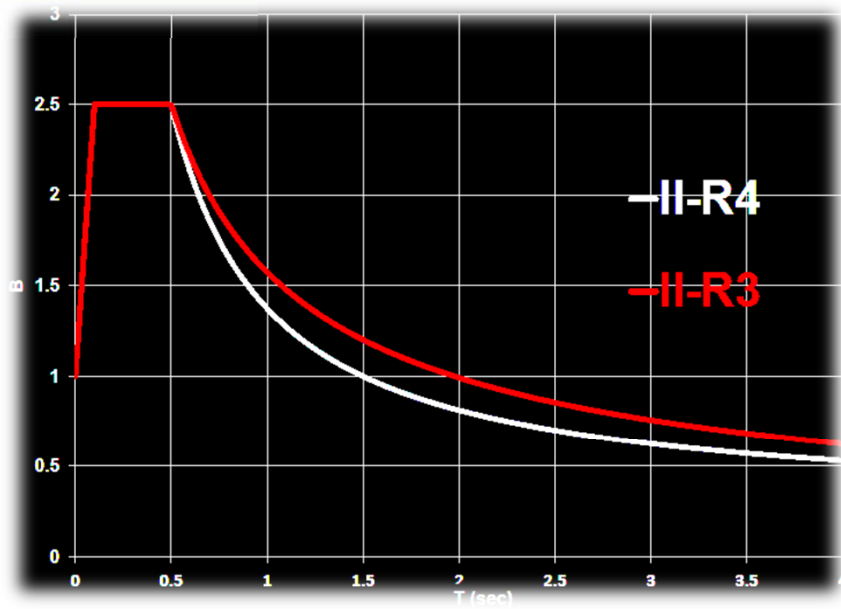
تغییرات نسبت به ویرایش ۳ شامل:

- ✓ تغییر فرمول بندی آن با اعمال ضریب اصلاح طیف
- ✓ کاهش مقدار کلی آن پس از T_s تا ۲۰ درصد
- ✓ کاهش بیشتر مقدار آن در بسترهای سخت تر



ضریب بازتاب ساختمان (ضریب بزرگنمایی طیفی)، B

۴۷



مقدار طیفی B:

مقدار کلی ضریب بازتاب B نسبت به ویرایش ۳ کاهش یافته است.

ضریب اصلاح طیف N:

ب- برای پهنه‌های باخطر نسبی متوسط و کم

$$N = 1$$

$$T < T_s$$

$$N = \frac{0.4}{4 - T_s} (T - T_s) + 1$$

$$T_s < T < 4 \text{ sec} \quad (۴-۲)$$

$$N = 1.4$$

$$T > 4 \text{ sec}$$

الف- برای پهنه‌های باخطر نسبی خیلی زیاد و زیاد

$$N = 1$$

$$T < T_s$$

$$N = \frac{0.7}{4 - T_s} (T - T_s) + 1$$

$$T_s < T < 4 \text{ sec} \quad (۳-۲)$$

$$N = 1.7$$

$$T > 4 \text{ sec}$$



ضریب بازتاب ساختمان (ضریب بزرگنمایی طیفی)، B

۴۸

• مقدار آن تابع زمان تناوب ارتعاش است و از آنجا که مقدار آن در ویرایش چهارم برای سازه های بتنی و سازه فلزی با مهاربند واگرا افزایش یافته است، لذا ضریب B در این سازه ها کاهش بیشتری نیز دارد.

$$T = 0.08H^{3/4}$$

مهاربند واگرا:

$$T = 0.05H^{0.9}$$

قاب بتنی:

• با افزایش ارتفاع اختلاف زمان تناوب بیشتر می شود.

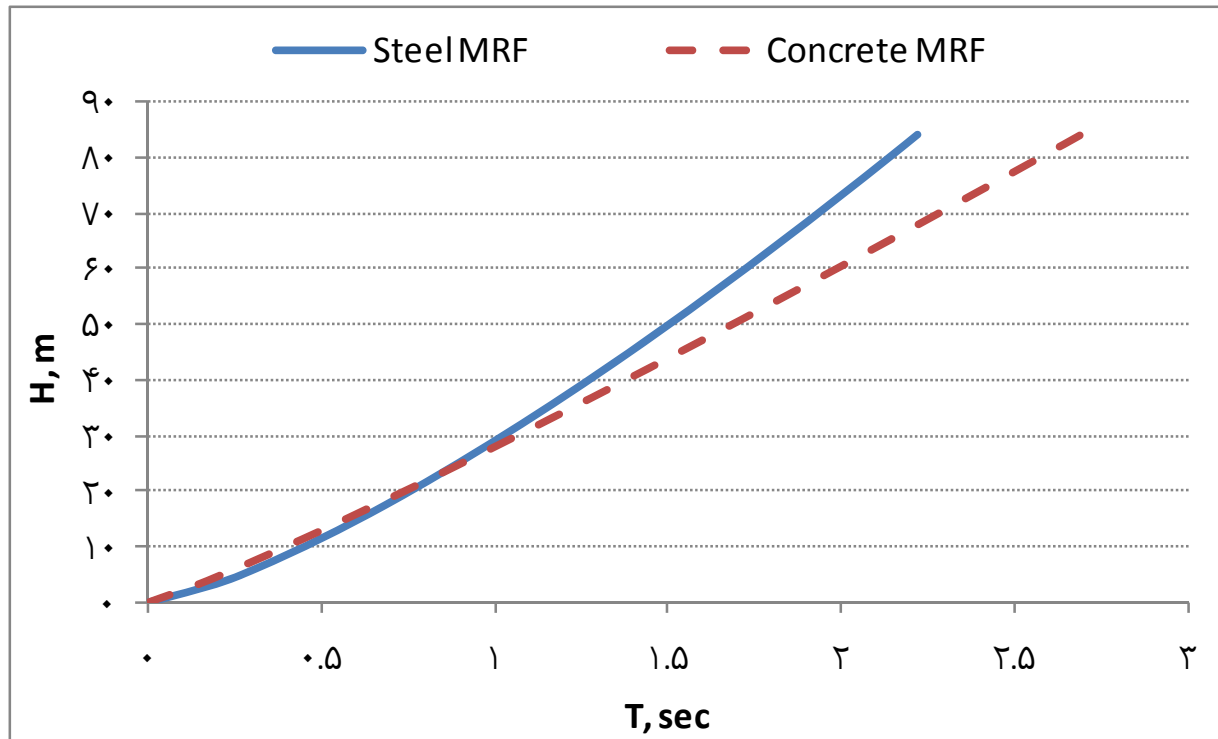
تذکر: روابط زمان تناوب نزدیک به روابط نظیر در $ASCE^7$ می باشد و بجز برای قاب خمشی فولادی در بقیه موارد، ۲۸۰۰ مقادیر کمی بیشتر را بدست می دهد.



ضریب بازتاب ساختمان (ضریب بزرگنمایی طیفی)، B

۴۹

ابهامات: بر اساس روابط آیین نامه، در ساختمان های بیش از ۶ طبقه، زمان تناوب قاب خمشی فولادی کمتر از قاب خمشی بتن مسلح بدست می آید که غیرمنطقی بنظر می رسد.



فولادی: $T = 0.08H^{3/4}$
 (در ASCE 7: $T = 0.08H^{0.8}$)
 بتنی: $T = 0.05H^{0.9}$



ضریب بازتاب ساختمان (ضریب بزرگنمایی طیفی)، B

۵۰

اثر ترک خوردگی اعضا

در محاسبه زمان تناوب

$$I_b = 0.5 I_g$$

$$I_c = I_g \quad \text{و} \quad I_w = I_g$$

در محاسبه جابجایی و مقاومت (مرجع اصلی، آیین نامه آبا است)

$$I_c = 0.7 I_g \quad \text{و} \quad I_b = 0.35 I_g$$

• در قاب مهارنشده

$$I_w = (0.35 - 0.7) I_g \quad \text{و} \quad I_c = I_g \quad \text{و} \quad I_b = 0.5 I_g$$

• در قاب مهارشده

$$I_w = (0.5 - 1) I_g \quad \text{و} \quad I_c = I_g \quad \text{و} \quad I_b = 0.5 I_g$$

• در زلزله بهره برداری

تذکر: در چاپ اولیه مبحث نهم، بجای ضریب "۰/۳۵" یا "۰/۷" مقدار "۰/۵" داده شده است.



موقعیت تراز پایه در محاسبات بار جانبی

۵۱

۳-۳-۱-۲ تراز پایه

تراز پایه، بنا به تعریف، به تراز در ساختمان اطلاق می‌شود که در هنگام زلزله از آن تراز به پایین اختلاف حرکتی بین ساختمان و زمین وجود نداشته باشند. تراز پایه برای طراحی ساختمان‌ها به صورت زیر در نظر گرفته می‌شود:

۱- برای ساختمان‌های بدون زیرزمین یا ساختمان‌های دارای زیرزمینی که دیوارهای نگهبان آن به سازه متصل نباشند، تراز پایه باید در سطح بالای شالوده در نظر گرفته شود.

۲- برای ساختمان‌های دارای زیرزمینی که دیوارهای نگهبان آن به سازه متصل باشند و فضای بین خاکبرداری و دیوار نگهبان زیرزمین با **خاک متراکم** پر شده باشد، تراز پایه می‌تواند در نزدیک‌ترین سقف زیرزمین به زمین طبیعی اطراف در نظر گرفته شود، منوط بر آنکه اولاً خاک طبیعی موجود در اطراف ساختمان متراکم باشد و ثانیاً دیوارهای نگهبان زیرزمین بتن‌آرمه بوده و آخرین سقف زیرزمین نیز دارای صلبیت کافی باشد. در این راستا می‌توان از صلبیت تیرها و یا مجموعه تیر و دال سقف‌ها برای افزایش صلبیت سقف استفاده نمود.

نکته : در **ASCE 7** نوع خاک مجاور دیوارهای حائل نیز نباید در ارتعاش ضعیف باشند.

از آنجا که اثر تراز پایه، اثری دو گانه است در صورت نبود **حالت پایدار** در طول عمر مفید ساختمان می‌بایست هر دو حالت تراز پایه (در صورت وجود) در **ضریب زلزله و وزن موثر لرزه ای** در نظر گرفته شود.



اعمال اثرات تغییر مکان های ثانویه P-Delta

۵۲

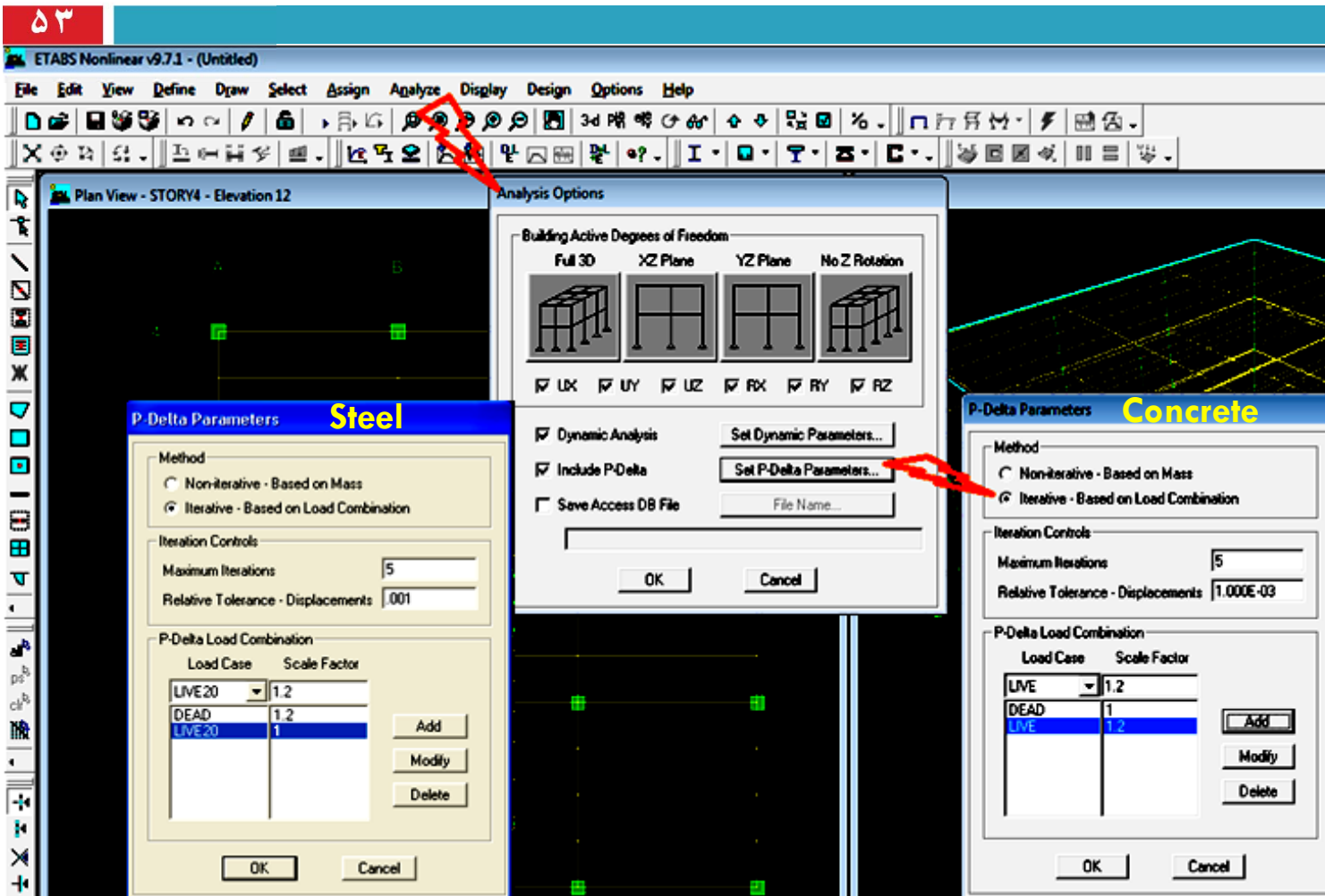
- نکته: مطابق $ASCE^7$ اعمال بارهای بدون ضریب کفایت می کند.
- توصیه **Etabs** استفاده از ضرایب بار نهایی در ترکیب بار زلزله است.

For this case, the P-Delta effect due to overall sway of the structure can usually be accounted for, conservatively, by specifying the load combination in the initial P-delta analysis case to be 1.2 times the dead load plus 0.5 times the live load. This will accurately account for this effect in load combinations 3 and 4 above, and will conservatively account for this effect in load combinations 5 and 6. This P-delta effect is not generally important in load combinations 1 and 2 since there is no lateral load.

- آیین نامه ۲۸۰۰ از اعمال نیرو در حد مقاومت نام برده است، لذا مطابق آن ضریب ۱ برای بار مرده و ۱/۲ برای بار زنده می تواند مناسب باشد.



اعمال اثرات تغییر مکان های ثانویه P-Delta



نکته: انتخاب تعداد تکرار تحلیل سازه و حد تغییرات نسبی جابجایی ها در دو دوره تکرار متوالی تحلیل



ضریب نامعینی سازه، ρ به منظور تامین مسیرهای کافی انتقال بار

۵۴

۱-۲-۳-۳ ساختمان‌هایی که سیستم مقاوم جانبی آنها در دو جهت عمود برهم دارای نامعینی کافی نیستند، باید برای بار جانبی بیشتری طراحی شوند. در این ساختمان‌ها بار جانبی باید با ضریب ρ برابر با $1/2$ افزایش داده شود.

نکته: در $ASCE^7$ این مقدار $1/30$ داده شده است.

در موارد زیر این ضریب ۱ فرض می‌شود:

- ساختمان ۳ طبقه و **یا** کوتاه‌تر از ۱۰ متر (بنظر می‌رسد که عبارت یا درست نیست).
- تعیین جابجایی‌های سازه.
- محاسبه اثر P-Delta.
- تعیین نیروی اجزای غیر سازه‌ای، سازه‌های غیر ساختمانی، دیافراگم‌ها.
- کلیه اعضایی که مشمول طراحی زلزله شدید یافته هستند.



ضریب نامعینی سازه، ρ

۵۵

۳-۲-۳-۲ ساختمان‌هایی که سیستم مقاوم جانبی آنها دارای خصوصیات زیر هستند، دارای نامعینی کافی بوده و در آنها ضریب ρ برابر با $1/0$ منظور می‌شود.

الف- در ساختمان‌های منظم در پلان، در طبقاتی که برش در آنها از ۳۵ درصد برش پایه تجاوز می‌کند، حداقل دو دهانه سیستم مقاوم جانبی در هر سمت مرکز جرم، در هر دو امتداد عمود برهم، موجود باشد. در سیستم‌های دارای دیوار برشی تعداد دهانه‌ها از تقسیم طول دیوار بر ارتفاع آن در طبقه به دست می‌آید.



نکته: بنظر می‌رسد که با توجه به وضع پلان های مرسوم در ایران، این ضریب معمولا $1/20$ می‌باشد.



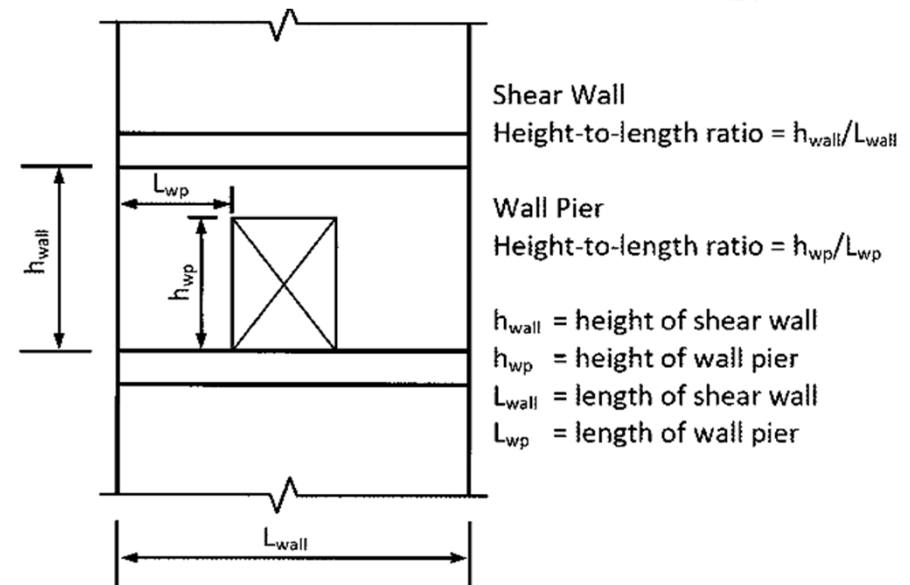
ضریب نامعینی سازه، ρ

۵۶

ب- در سایر ساختمان‌ها، در طبقاتی که میزان برش در آنها از ۳۵ درصد برش پایه تجاوز می‌کند، چنانچه حذف جزئی از سیستم مقاوم جانبی، مطابق جدول (۲-۳)، موجب کاهش مقاومت جانبی طبقه به میزان بیشتر از ۳۳ درصد نشود و در طبقه نامنظمی شدید پیچشی، مطابق تعریف بند (۱-۷-۱) ایجاد نگردد.

جدول ۲-۳ محدودیت‌های مربوط به $\rho = 1.0$

الزامات	نوع سیستم مقاوم جانبی
حذف یک مهاربند یا اتصال آن	سیستم مهاربندی شده
حذف یک دیوار و یا یک پایه و یا اتصالات جمع‌کننده آنها	سیستم با دیوار برشی عادی یا دیوارهای برشی هم‌بسته با نسبت ارتفاع هر پایه به طول بزرگ‌تر از ۱/۰
حذف مقاومت خمشی اتصالات دو انتهای یک تیر	سیستم قاب خمشی
حذف مقاومت خمشی در اتصال پایه یکی از ستون‌ها	سیستم کنسولی





ضریب نامعینی سازه، ρ

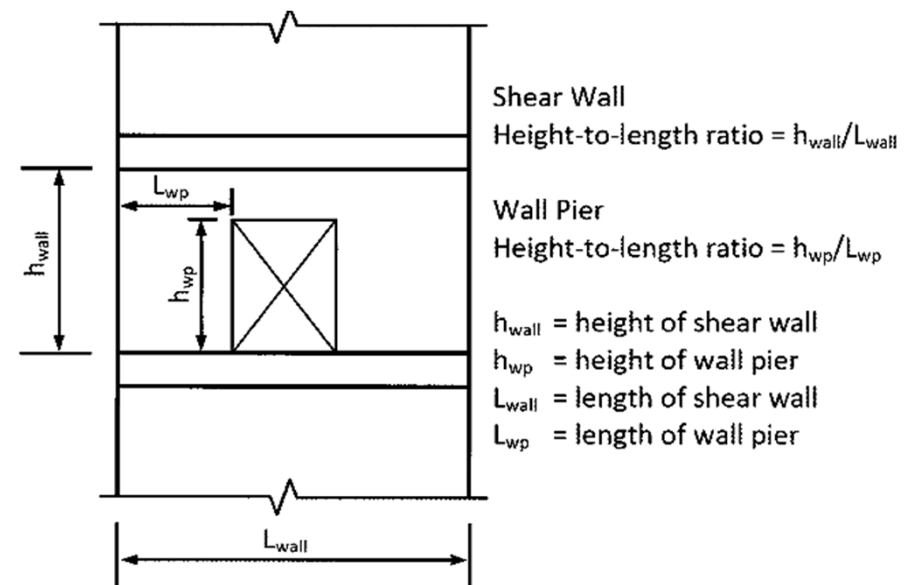
۵۷

If the system consisted only of walls, and each wall had h/w less than 1, no walls would need to be removed and the redundancy factor would default to 1.0.

• دیوارهای با نسبت ارتفاع به طول کمتر از یک، نیازی به حذف شدن ندارند.

جدول ۲-۳ محدودیت‌های مربوط به $\rho = 1.0$

الزامات	نوع سیستم مقاوم جانبی
حذف یک مهاربند یا اتصال آن	سیستم مهاربندی شده
حذف یک دیوار و با یک پایه و با اتصالات جمع‌کننده آنها	سیستم با دیوار برشی عادی یا دیوارهای برشی هم‌بسته با نسبت ارتفاع هر پایه به طول بزرگ‌تر از ۱/۰
حذف مقاومت خمشی اتصالات دو انتهای یک تیر	سیستم قاب خمشی
حذف مقاومت خمشی در اتصال پایه یکی از ستون‌ها	سیستم کنسولی





ضریب نامعینی سازه، ρ

۵۸

نکته: در $ASCE 7$ عبارت محیط پیرامونی در سیستم مهار جانبی بکار رفته است. طبق بند ۲ با وجود نامنظمی، نیاز به بررسی بیشتر می باشد.



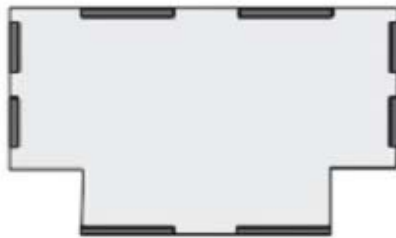
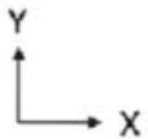
(A)



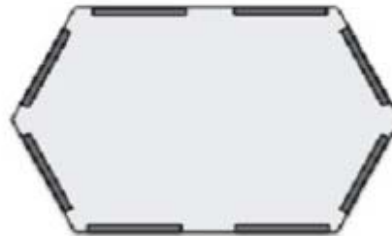
(B)



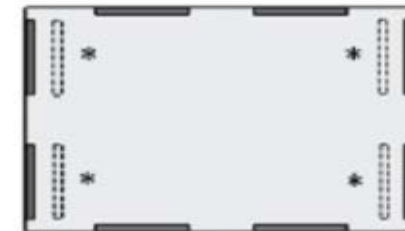
(C)



(D)



(E)



(F)



اعمال ضریب نامعینی در Etabs، برای بتن و فولاد براحتی قابل اعمال است.

۵۹

Effectively, the seismic load combination for the LRFD provision becomes:

$$(1.2 + 0.2S_{DS})DL \pm \rho Q_E \quad (\text{ASCE 2.3.2-5, 12.4.2.3})$$

$$(1.2 + 0.2S_{DS})DL \pm \rho Q_E + 1.0LL \quad (\text{ASCE 2.3.2-5, 12.4.2.3})$$

$$(0.9 - 0.2S_{DS})DL \pm \rho Q_E \quad (\text{ASCE 2.3.2-7, 12.4.2.3})$$

04	Seismic Design Category	0
05	Importance Factor	1
06	Design System Rho	1
07	Design System Sds	0.5
08	Design System R	8
09	Design System Omega0	3
10	Design System Cd	5.5

۲-۳-۳ ضریب نامعینی سازه، ρ

۱-۲-۳-۳ ساختمان‌هایی که سیستم مقاوم جانبی آنها در دو جهت عمود برهم دارای نامعینی کافی نیستند، باید برای بار جانبی بیشتری طراحی شوند. در این ساختمان‌ها بار جانبی باید با ضریب ρ برابر با ۱/۲ افزایش داده شود.

All Items

Selected Items

All Items

Selected Items

Red: Value that has changed during the current session

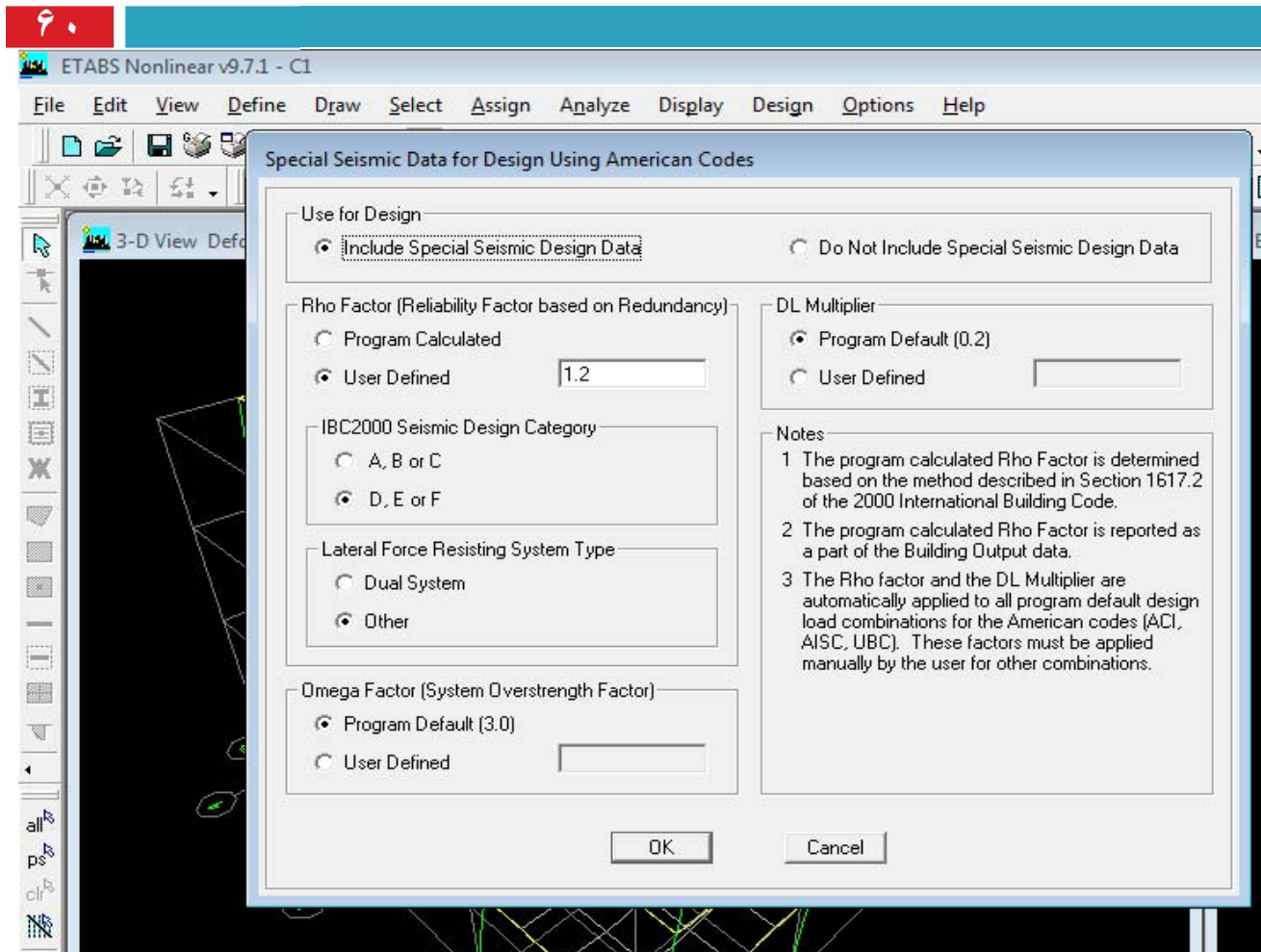
OK

Cancel

تذکر : ضریب نامعینی برای افزایش نیروی زلزله به سازه های با درجه نامعینی کم (مسیرهای انتقال بار جانبی) اعمال می شود. با اعمال آن، برای فولاد در منوی **Option/Preferences** ترکیبات بارگذاری زلزله در برنامه **Etabs** بطور خودکار اصلاح می شوند.



اعمال ضریب نامعینی در Etabs برای بتن و فولاد براحتی قابل اعمال است



تذکر : ضریب نامعینی
برای افزایش نیروی زلزله
به سازه های با درجه
نامعینی کم (مسیرهای
انتقال بار جانبی) اعمال
می شود. با اعمال آن،
برای بتن در منوی
Define/Seismic load
و انتخاب آیین نامه **ACI**،
ترکیبات بارگذاری زلزله
در برنامه **Etabs** بطور
خودکار اصلاح می شوند.



بارگذاری سازه

۶۱

به منظور استفاده از روشهای دقیق تحلیل و طراحی (روش مستقیم)

- اعمال **بارهای فرضی (Notional load)** برای بارهای مرده و زنده در هر دو جهت ساختمان متناسب با آیین نامه طراحی و اعمال آن در تمامی ترکیبات بار.

$$۱,۲(D \pm NxD) + ۱,۶(L \pm NxL)$$

تذکر: مقدار عددی ۰/۰۰۲

$$۱,۲(D \pm NxD) + (L \pm NxL) \pm E_x$$

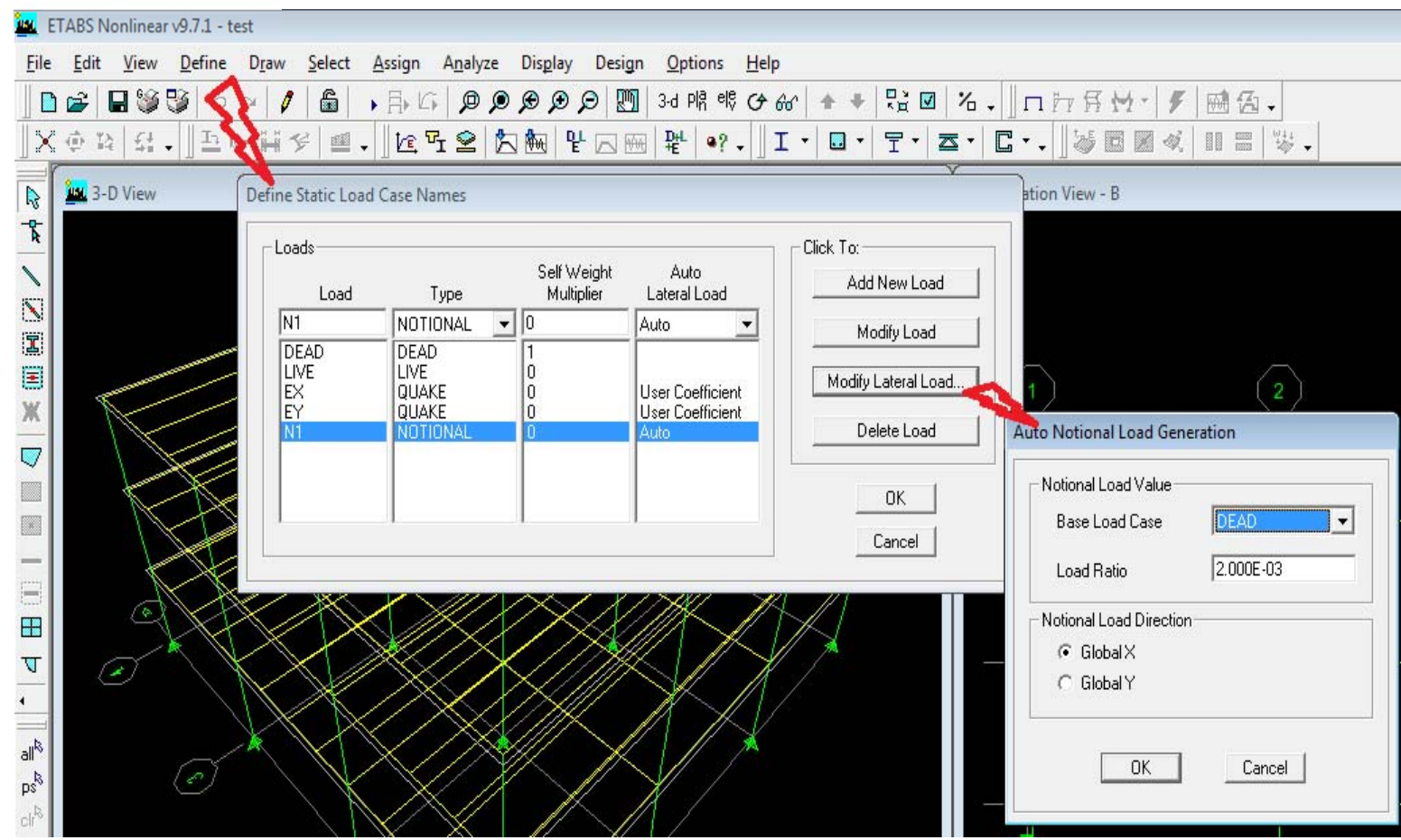
به عنوان توصیه عمومی

آیین نامه استفاده می شود.

$$۰,۹(D \pm NxD) \pm E_x$$



اعمال بارهای فرضی



• در Etabs با اضافه نمودن این بارهای فرضی، بطور خودکار اثر آنها در ترکیبات بارگذاری وارد می شوند.



جهت اعمال نیروی جانبی زلزله

۶۳

به طور کلی زلزله در هر امتداد افقی به طور مجزا اعمال می شود بجز موارد زیر:

الف- ساختمانهای نامنظم در پلان

ب- کلیه ستون هایی که در محل تقاطع دو و یا چند سیستم مقاوم باربر جانبی قرار دارند (معمولا در قاب های خمشی نیازی به کنترل آنها نیست).

تذکر: لزوم اعمال اثر دو مولفه ای زلزله در دیوارهای برشی با اشکال

در موارد فوق امتداد نیروی زلزله باید با زاویه مناسبی که حتی المقدور بیشترین اثر را ایجاد می کند، انتخاب شود و یا می توان صد درصد نیروی زلزله هر امتداد را با ۳۰ درصد نیروی زلزله در امتداد عمود بر آن را ترکیب کرد. در این موارد منظور کردن برون مرکزی اتفاقی، موضوع بند (۳-۳-۷)، در امتدادی که ۳۰ درصد نیرو اعمال می شود، الزامی نیست.



جهت اعمال نیروی جانبی زلزله

۶۴

با مقایسه با $ASCE^7$ بنظر می رسد که همواره بار باید با زاویه بحرانی سازه (زاویه ای با بیشترین اثر نیرویی در اعضا) اعمال گردد.

□ دو روش اعمال بار وجود دارد.

(۱) روش آیین نامه ای: معمولا با اعمال 100% یک امتداد و 30% امتداد دیگر بطور مستقل و سپس جمع جبری پاسخ ها.

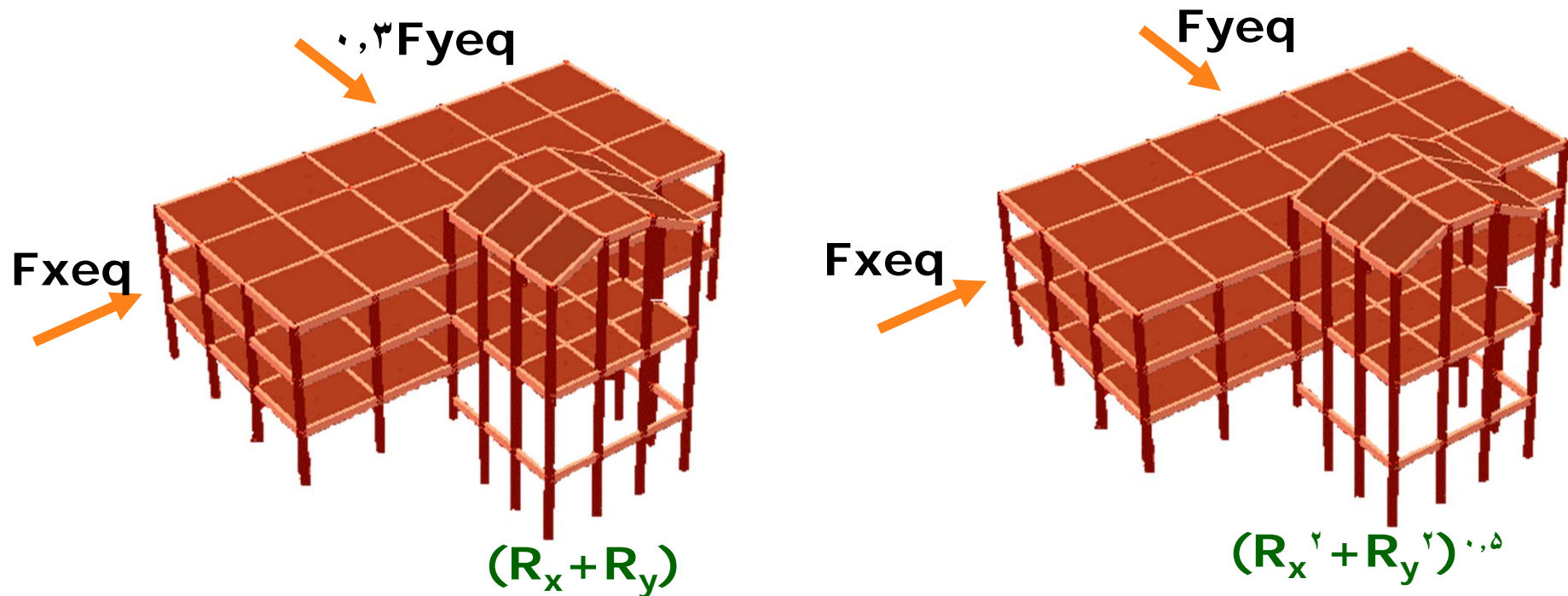
(۲) روش ویلسون: اعمال 100% طیف در دو جهت بطور مستقل و سپس ترکیب **SRSS** پاسخ های طیفی دو جهت.

تحقیقات نشان داده که روش دوم از دقت بالاتری برخوردار است.
تذکره: نرم افزار **Etabs** نیز قادر به انجام هر دو روش می باشد.



نحوه اعمال نیروی جانبی زلزله

۶۵



مطابق ASCE7 در تحلیل دینامیکی : (۱) نیازی به اعمال ضریب بزرگنمایی پیش نمی باشد.
(۲) در محاسبه جابجایی مقیاس برش پایه با مقیاس نیرو متفاوت است.



ترکیب بار زلزله در طراحی

۶۶

۳-۱۲-۲ در صورتی که طراحی سازه بر اساس مقاومت انجام شود، در ترکیب بارهای زلزله طرح با سایر بارها، **بارهای جانبی و قائم زلزله باید با ضریب بار ۱/۰** در نظر گرفته شوند. در حالتی که بر طبق آیین‌نامه طراحی، نیروی زلزله باید با در نظر گرفتن اثر اضافه‌مقاومت در کنترل اجزای سازه مورد استفاده قرار گیرد، بار جانبی زلزله طرح باید در ضریب اضافه‌مقاومت ضرب شده و در ترکیب بارها لحاظ شود و نیازی به در نظر گرفتن ضریب اضافه‌مقاومت در مؤلفه قائم زلزله نمی‌باشد.

در طراحی سازه‌های بتنی که بر اساس آیین‌نامه بتن ایران "آبا" طراحی می‌شوند، مقادیر بار زلزله باید در ضریب ۰/۸۵ ضرب شده و در ترکیبات بار مورد استفاده قرار گیرد.



نکات اجرایی، عملیاتی در محاسبات

۶۷

۳-۱۰ طراحی اجزای سازه‌ای که جزئی از سیستم باربر جانبی نیستند در ساختمان‌های بلندتر از ۵ طبقه تمام اجزای سازه‌ای که جزئی از سیستم باربر جانبی نیستند ولی از طریق دیافراگم‌های کف‌ها با سیستم باربر جانبی مرتبط هستند، باید برای اثر ناشی از تغییر مکان جانبی نسبی غیرخطی طرح طبقه، بند (۳-۵-۲)، طراحی شوند. در این محاسبات، در صورت نیاز، اثر $P-\Delta$ باید منظور گردد.

- **اثر برون محوری بار تیرها در اتصال ساده تیر به ستون:** در تیرهای باربر طویل که با ارتفاع زیاد بوده و نیروی تکیه گاهی قابل ملاحظه ای را دارا می باشند. لازم است: (۱) انتخاب **Automatic End offset**
(۲) اعمال لنگر متمرکز در گره محل اتصال تیر به ستون

زلزله بهره برداری

$$V_{\text{service}} = (A/6)BIW$$

۶۸

• لزوم آن برای ساختمان های با اهمیت زیاد، خیلی زیاد و یا بلند تر از ۵۰
الف- در سازه های فولادی تنش های ایجاد شده در اعضا از حد رفتار ارتجاعی اعضا تجاوز
ننماید. برای کنترل این موضوع در طراحی به روش تنش مجاز، تنش های ایجاد شده در
اعضا نباید از ۱/۷ برابر مقادیر تنش مجاز عادی تجاوز نماید. در این حالت نباید افزایش
مجدد ۳۳٪ در تنش های مجاز صورت گیرد.

In Design Eq: $(D+L+E_u/1,4) < 1,33*allowable$

In Service Eq: $(D+L+E_{\text{Service}}) < 1,7*allowable$

• در Etabs می توان ضریب تنش ها را با $1,7=1,75*0,75$ مقایسه نمود.

زلزله بهره برداری

$$V_{\text{service}} = (A/6)BIW$$

۶۹

در طراحی به روش حدی تلاش‌های

ایجادشده در اعضا نباید از مقاومت نهایی اسمی اعضا، بدون اعمال ضرایب کاهش مقاومت، تجاوز نماید.

ب- در سازه‌های بتن آرمه تلاش‌های ایجاد شده در اعضا، بدون اعمال ضرایب کاهش مقاومت، از مقاومت نهایی اسمی آنها تجاوز نکند.

In Design Eq: $(1.2D+L+E_u) < \phi * \text{Ultimate}$

In Service Eq: $(D+L+E_{\text{Service}}) < \text{Ultimate}$

• در Etabs می توان ضرایب کاهش مقاومت را به ۱ تغییر داد.

زلزله بهره برداری

$$V_{\text{service}} = (A/6)BIW$$

۷۰

۳-۱۱-۲ در زلزله سطح بهره‌برداری "تغییر مکان جانبی نسبی بهره‌برداری" که از تحلیل خطی سازه تحت اثر نیروی زلزله مذکور به دست می‌آید، نباید از $0/005$ ارتفاع آن طبقه بیشتر باشد. این محدودیت را در مواردی که نوع و نحوه به‌کارگیری مصالح و سیستم اتصال قطعات غیر سازه‌ای به گونه‌ای باشد که این قطعات بتوانند در برابر تغییر مکان جانبی بیشتر، بدون خسارات عمده، بر جا بمانند می‌توان تا $0/008$ ارتفاع طبقه افزایش داد.

تذکر ۱: ضریب ρ در این زلزله نیز اعمال می‌گردد.

تذکر ۲: در سازه‌های حساس‌تر (بلندمرتبه، با ضریب اهمیت بالاتر و یا روی خاک ضعیف) زلزله بهره‌برداری بحرانی‌تر خواهد بود.



تنظیم گزینه های طراحی در Etabs

۷۱

Steel Frame Design Preferences for AISC 360-10

Item	Value
01 Design Code	AISC 360-10
02 Multi-Response Case Design	Step-by-Step - All
03 Framing Type	SMF
04 Seismic Design Category	D
05 Importance Factor	1
06 Design System Rho	1
07 Design System Sds	0.5

Item Description
The selected design code. Subsequent design is based on this selected code.

Framing Type	References
OMF (Ordinary Moment Frame)	AISC SEISMIC E1
IMF (Intermediate Moment Frame)	AISC SEISMIC E2
SMF (Special Moment Frame)	AISC SEISMIC E3
STMF (Special Truss Moment Frame)	AISC SEISMIC E4
OCBF (Ordinary Concentrically Braced Frame)	AISC SEISMIC F1
SCBF (Special Concentrically Braced Frame)	AISC SEISMIC F2
EBF (Eccentrically Braced Frame)	AISC SEISMIC F3
BRBF (Buckling Restrained Braced Frame)	AISC SEISMIC F4
SPSW (Special Plate Shear Wall)	AISC SEISMIC F5

نام آیین نامه طراحی

مربوط به تحلیل های غیر خطی و تاریخچه زمانی

نوع قاب جانبی برای اعمال کنترل های لرزه ای



تنظیم گزینه های طراحی در Etabs

Steel Frame Design Preferences for AISC 360-10

Item	Value
01 Design Code	AISC 360-10
02 Multi-Response Case Design	Step-by-Step - All
03 Framing Type	SMF
04 Seismic Design Category	D
05 Importance Factor	
06 Design System Rho	
07 Design System Sds	
13 Second Order Method	
14 Stiffness Reduction Method	
15 Add Notional load cases	
16 Phi(Bending)	
17 Phi(Compression)	

گروه بندی ساختمانها بر اساس اهمیت

Table 11.6-1 Seismic Design Category Based on Short Period Response Acceleration Parameter

Value of S_{DS}	Risk Category	
	I or II or III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	B	C
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	C	D
$0.50 \leq S_{DS}$	D	D

$2.5 \times 0.2 = 0.5$

Table 11.6-2 Seismic Design Category Based on 1-S Period Response Acceleration Parameter

Value of S_{D1}	Risk Category	
	I or II or III	IV
$S_{D1} < 0.067$	A	A
$0.067 \leq S_{D1} < 0.133$	B	C
$0.133 \leq S_{D1} < 0.20$	C	D
$0.20 \leq S_{D1}$	D	D

دسته بندی ناحیه لرزه ای چنانچه نواحی انتخابی A,B,C باشند فقط وقتی ضریب رفتار بزرگتر از ۳ باشد ضوابط لرزه ای اعمال می شود.(برای مابقی نواحی لرزه ای همیشه اعمال می شود)

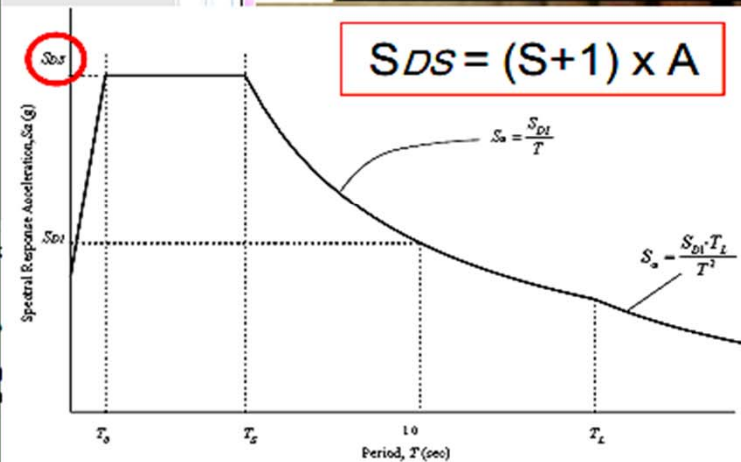
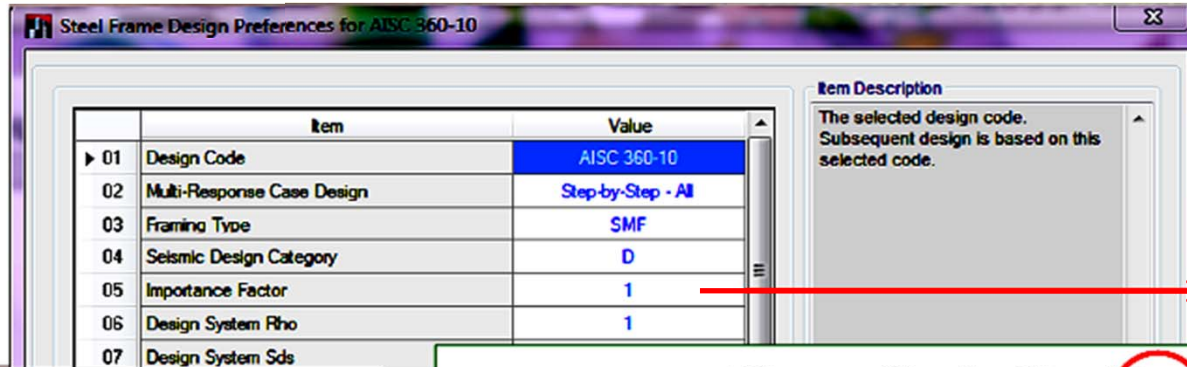


FIGURE 11.4-1 Design Response Spectrum.



تنظیم گزینه های طراحی در Etabs

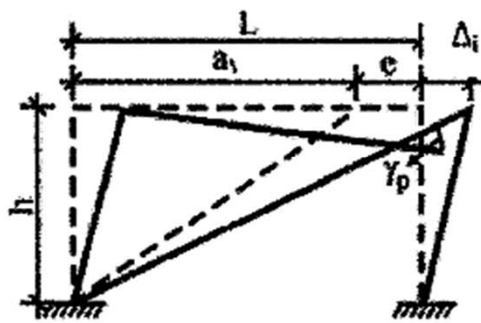
۷۳



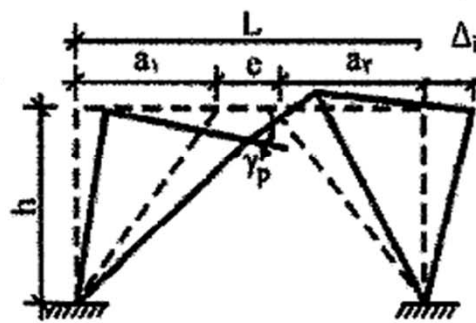
ضریب اهمیت، از این ضریب برای محاسبه تغییر شکل نهایی برای کنترل زاویه دوران تیر های پیوند در مهاربند های EBF استفاده می شود. نکته مهم این است که در اکثر ویرایشهای آیین نامه و یا نرم افزارها، تیر لینک باید یک تکه مدل شده باشد!

Δ تغییر مکان نسبی نهایی

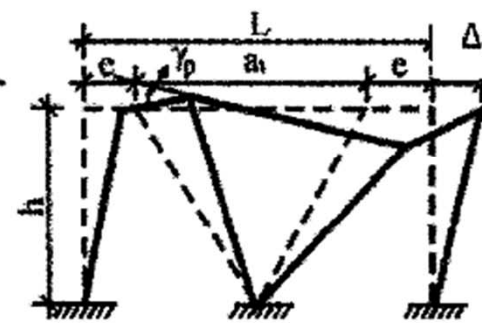
$$\Delta_i = \Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) C_d / I_E$$



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



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



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



تنظیم گزینه های طراحی در Etabs

۹-۳-۳ نیروی قائم ناشی از زلزله

۱-۹-۳-۳ نیروی قائم ناشی از زلزله که اثر مؤلفه قائم شتاب زلزله در ساختمان است، در موارد زیر باید در محاسبات منظور شود.
الف-کل سازه ساختمان‌هایی که در پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد واقع شده‌اند.

$$F_V = 0.6AIW_p$$

$$0.2SDS = 0.6AI \rightarrow SDS = 3AI$$

شتاب طیفی محدوده شتاب ثابت برای اثرات زلزله قائم در ترکیبات بارگذاری که در مبحث دهم مقررات ملی وجود ندارد اما در ویرایش چهارم ۲۸۰۰ وجود دارد لذا می توان به این روش عمل کرد:

06	Design System Rho	1
07	Design System Sds	0
08	Design System R	8
09	Design System Omega0	3
10	Design System Cd	5.5

Effectively, the seismic load combination for the LRFD provision becomes:

$$(1.2 + 0.2S_{DS})DL \pm \rho Q_E \quad (\text{ASCE 2.3.2-5, 12.4.2.3})$$

$$(1.2 + 0.2S_{DS})DL \pm \rho Q_E + 1.0LL \quad (\text{ASCE 2.3.2-5, 12.4.2.3})$$

$$(0.9 - 0.2S_{DS})DL \pm \rho Q_E \quad (\text{ASCE 2.3.2-7, 12.4.2.3})$$

به منظور استفاده از روشهای دقیق تحلیل و طراحی (روش مستقیم)



ترکیبات بارگذاری AISC و مبحث دهم

۷۵

1. $1.4D$
2. $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
3. $1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (L \text{ or } 0.5(1.4W))$
4. $1.2D + 1.0(1.4W) + L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
5. $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$
6. $0.9D + 1.0(1.4W)$
7. $0.9D + 1.0E$

در ASCE^۷:

$$(1.2 + 0.5 S_{ds})D + \rho E + L + 0.5 S$$

$$(0.9 - 0.5 S_{ds})D + \rho E + 1.6 H$$

$$E_v = 0.5 S_{ds} D$$

در آیین نامه ایران:

$$S_{ds} = A.B, \quad E_v = 0.6 A.I.D$$

$$(1.2 + 0.6 AI)D + L + (E_x + 0.3 E_y)$$

$$\rightarrow 0.5 S_{ds} = 0.6 AI \rightarrow S_{ds} = 1.2 AI$$

$$, \quad (0.9 - 0.6 AI)D + (E_x + 0.3 E_y)$$



تنظیم گزینه های طراحی در Etabs

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTLS3)
 (ASCE 12.4.3.2(5): $(1.2+0.2*S_{Ds})*D + 1.0*L + \Omega_0 Q_E$)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
0.000	-649.665	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

(ASCE 12.4.3.2(5): $(1.2+0.2*S_{Ds})*D + 1.0*L + \Omega_0 Q_E$)

Stress Check forces and Moments

Location (mm)	Pu (tonf)	Mu33 (tonf-m)	Mu22 (tonf-m)	Vu2 (tonf)	Vu3 (tonf)	Tu (tonf-m)
0	-627.0021	0	0	0	0	0

جدول ۱-۳-۲ ضریب اضافه مقاومت Ω_0 برای انواع سیستمهای باربر جانبی لرزهای

Ω_0	نوع سیستم باربر جانبی لرزهای
۳	کلیه قابهای خمشی فولادی
۲	کلیه قابهای ساختمانی ساده توأم با مهاربندی هممحور و برونمحور فولادی
۲/۵	کلیه سیستمهای دوگانه یا ترکیبی

د کد طراحی این طراحی بر اساس این کد است.

ضریب رفتار

ضریب اضافه مقاومت، این ضریب در تشکیل ترکیبات بارگذاری ویژه لرزه ای استفاده می شود. (همزمان با ρ اعمال نمی شود)

Effectively, the special seismic combinations for the LFRD provision are

$(1.2 + 0.2S_{DS})DL \pm \Omega_0 Q_E$	(ASCE 2.3.2-5, 12.4.3.2)
$(1.2 + 0.2S_{DS})DL \pm \Omega_0 Q_E + 1.0LL$	(ASCE 2.3.2-5, 12.4.3.2)
$(0.9 - 0.2S_{DS})DL \pm \Omega_0 Q_E$	(ASCE 2.3.2-7, 12.4.3.2)



تنظیم گزینه های طراحی در Etabs

الف) ۰/۰۸ رادیان برای حالتی که طول تیر پیوند مساوی یا کمتر از $1/6 M_p/V_p$ باشد.
 ب) ۰/۰۲ رادیان برای حالتی که طول تیر پیوند مساوی یا بزرگتر از $2/6 M_p/V_p$ باشد.

Steel Frame Design Preferences for AISC 360-10

Item	Value
01 Design Code	AISC 360-10
02 Multi-Response Case Design	Step-by-Step - All
03 Framing Type	SMF
04 Seismic Design Category	D
05 Importance Factor	1
06 Design System Rho	1
07 Design System Sds	0
08 Design System R	8
09 Design System Omega0	3
10 Design System Cd	5.5
11 Design Provision	
12 Analysis Method	
13 Second Order Method	
14 Stiffness Reduction Method	
15 Add N	
16 Phi(Be	
17 Phi(Co	
18	

LINK BEAM ROTATION INFORMATION

Link Rotation	Load Combo	Limit Rotation	Bay Length	Link Length
0.023	DStLS5	0.022	6.250	1.148

Link Beam Rotation Information

Link Rotation	Load Combo	Limit Rotation	Bay Length (m)	Link Length (m)
0.036	DStS7	0.052	6.25	1.14827

ضریب افزایش تغییر مکان، از این ضریب برای محاسبه تغییر شکل نهایی برای کنترل زاویه دوران تیرهای پیوند در مهاربند های EBF استفاده می شود. (همانند ضریب اهمیت) این دوران صرف نظر از ضریب زلزله در ترکیب بارگذاری انجام می شود.

$$\Delta_1 = \Delta_2 = (\delta_{e2} - \delta_{e1}) C_d / I_E$$



تنظیم گزینه های طراحی در Etabs

نکته بسیار مهم این است که اولاً تغییر سختی ها در مدل باعث تغییر ظرفیتهای نمی شوند بلکه نیروها تغییر می کند ثانیاً تغییر سختی ها در مدل قابل دیدن نیست و به صورت موقت در مدل اعمال شده است و چنانچه بخواهید روش طراحی را به طول موثر تغییر دهید حتماً باید قفل برنامه باز و تحلیل و طراحی مجدد انجام شود! نکته آخر اینکه اگر تحلیل مرتبه دوم انجام نشود اثرات کاهش سختی عملاً تأثیری ندارد!

07	Design System Sds	0
08	Design System R	8
09	Design System Omega0	3
10	Design System Cd	5.5
11	Design Provision	LRFD
12	Analysis Method	Direct Analysis
13	Second Order Method	General 2nd Order
14	Stiffness Reduction Method	Tau-b Fixed
15	Add Notional load cases into seismic combos?	No
16	Phi(Bending)	0.9
17	Phi(Compression)	0.9

نکته مهم این است که در هر دو روش، انجام تحلیل مرتبه دوم الزامی است و نرم افزار فرض میکند که حتماً تحلیل مرتبه دوم $P-\Delta$ انجام شده است اما برای استفاده از روش $General\ 2^{nd}\ Order$ نیازمند است ستونها برای منظور نمودن اثرات انحنا ($P-\delta$) به طور داخلی یا ظاهری تقسیم گردد.

در روش تحلیل مستقیم، ضرایب کاهش سختی در تحلیل اولیه وجود ندارد اما نرم افزار قادر است تا این ضرایب را در مدل، بعد از دستور طراحی اعمال کند لذا با تنظیم این گزینه یک بار لازم است تا تحلیل و طراحی مجدد انجام پذیرد!

نوع طراحی که می تواند LRFD, ASD باشد.

روش تحلیل که همانور که گفته شد سه روش تحلیل مستقیم، روش طول موثر و روش تحلیل مرتبه اول وجود دارد.

روش تحلیل مرتبه دوم که می تواند یکی از روشهای تحلیل مستقیم مرتبه دوم و یا مرتبه اول تشدید یافته باشد.

**Assign Menu :
Auto Frame Subdivide**



تنظیم گزینه های طراحی در Etabs

۷۹

Steel Frame Design Preferences for AISC 360-10

Item	Value
01 Design Code	AISC 360-10
02 Multi-Response Case Design	Step-by-Step - All
03 Framing Type	SMF
04 Seismic Design Category	D
05 Importance Factor	1
06 Design System Rho	1
07 Design System Sds	0
08 Design System R	8
09 Design System Omega0	3
10 Design System Cd	5.5
11 Design Provision	LRFD
12 Analysis Method	Direct Analysis
13 Second Order Method	General 2nd Order
14 Stiffness Reduction Method	Tau-b Fixed
15 Add Notional load cases into seismic combos?	No
16 Phi(Bending)	0.9
17 Phi(Compression)	0.9
18 Phi(Tension)	0.9

Item Description
The selected design code. Subsequent design is based on this selected code.

Explanation of Color Coding for Values
 Blue: Default Value
 Black: Not a Default Value
 Red: Value that has changed during the current session

Set To Default Values: All Items, Selected Items
 Reset To Previous Values: All Items, Selected Items
 OK, Cancel

روش کاهش سختی، مربوط به زمانی است که از روش تحلیل مستقیم استفاده می شود. در حالت Tau-b Fixed همانطور که قبلا عنوان شد می توان ضریب کاهش سختی اعضا را ثابت برابر ۰.۸ فرض کرد و بار جانبی فرضی را برابر $0.003Y_i$ قرارداد. $(EA=0.8EA, EI=0.8EI)$

افزافه کردن بار جانبی فرضی به ترکیبات بار شامل بار جانبی. نکته مهم این که در صورت استفاده از ضریب کاهش سختی ثابت و اعمال بار فرضی اضافه $0.001Y_i$ این بار حتما باید در تمام ترکیبات حاضر باشد اما در خصوص بار فرضی اولیه این اجبار وجود ندارد.



تنظیم گزینه های طراحی در Etabs

Steel Frame Design Preferences for AISC 360-05

Item	Value
14 Stiffness Reduction Method	Tau-b Fixed
15 Phi(Bending)	0.9
16 Phi(Compression)	0.9
17 Phi(Tension-Yielding)	0.9
18 Phi(Tension-Fracture)	0.75
19 Phi(Shear)	0.9
20 Phi(Shear-Short Webed Rolled I)	1
21 Phi(Torsion)	0.9
22 Ignore Seismic Code?	No
23 Ignore Special Seismic Load?	No
24 Is Doubler Plate Plug-Welded?	Yes
25 HSS Welding Type	ERW
26 Reduce HSS Thickness?	No
	Yes
	120
	120
	360
	360

Item Description
The selected design code. Subsequent design is based on this selected code.

Explanation of Color Coding for Values
Blue: Default Value
Black: Not a Default Value
Red: Value that has changed during the current session

Previous Values
 Items Selected Items
 OK Cancel

Section	Classification
me	IPE270
	Seismic HD

Section	Classification
FSec1	Seismic MD

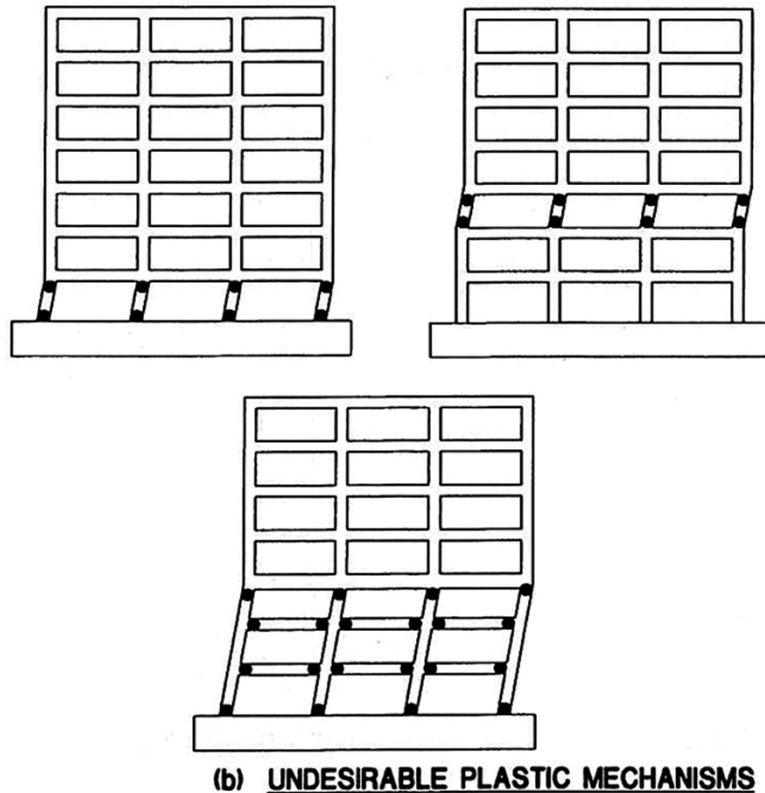
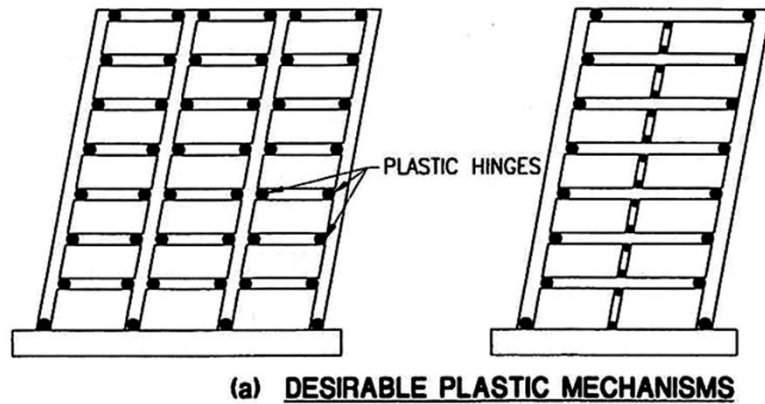
ضرایب کاهش مقاومت مطابق آیین نامه

لحاظ کردن ضوابط لرزه ای (فشرده‌گی، دوران لینک و ...) و نیز ترکیبات بار لرزه ای به همراه شرایط گفته شده در خصوص ضرایب نامعینی و اضافه مقاومت.

جان ستون با جوش کام و انگشانه به ورق مضاعف اتصال دارد؟

روش جوشکاری مقاطع جدارنازک توخالی (ترجیحا SAW)

ستون قوی - تیر ضعیف در قاب ویژه



برنامه Etabs قادر به کنترل آن برای مقاطع عمومی تولید شده نیست.

(General / Section Designer)

کنترل فوق در نرم افزار، تنها برای مقاطع ا شکل قابل انجام است. لذا می توان با ایجاد دو مدل محاسباتی دیگر برای دو امتداد اصلی ساختمان و معرفی مقاطع معادل اصلی با شکل ا (سطح مقطع و اساس مقطع پلاستیک)، از کنترل خودکار برنامه استفاده نمود.



مدل دیوار در مقابل مدل ستون

۸۲

مطابق ACI ستون با نسبت طول به عرض مقطع بیشتر از $2/5$ مجاز نیست.

$$L/B < 2,5$$

پس در غیر اینصورت عضو قائم باید به صورت دیوار طراحی شوند.

ACI ۳۱۸-۰۸: The ratio of the shortest cross-sectional dimension to the perpendicular dimension shall not be less than ۰.۴.

• مطابق آبا این نسبت برای حد ابعاد ستون شکل پذیر متوسط، $۰/۳$ است.

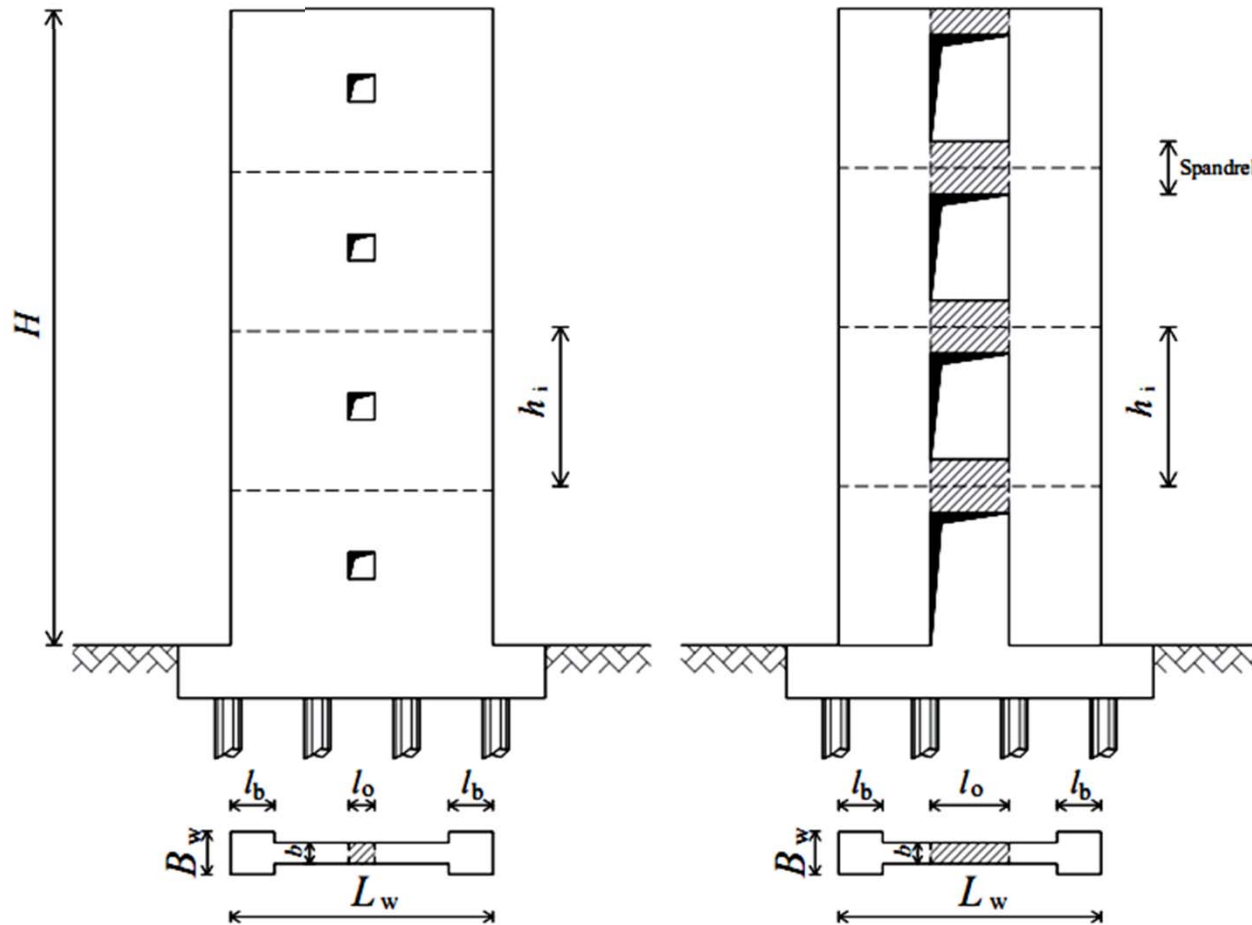
ACI ۲۱.۹.۵.۲- Unless a more detailed analysis is performed, effective flange widths of flanged sections shall extend from the face of the web a distance equal to the smaller of one-half the distance to an adjacent wall web and ۲۵ percent of the total wall

height



اثر بازشوهای دیوارهای بتنی

۸۳



• بطور معمول می توان برای بازشوهایی با ابعاد زیر ۱۵٪، از اثر آنها در تحلیل صرف نظر نمود. در این حالت می توان مشابه جزئیات اجرایی بازشو در دال ها عمل نمود.

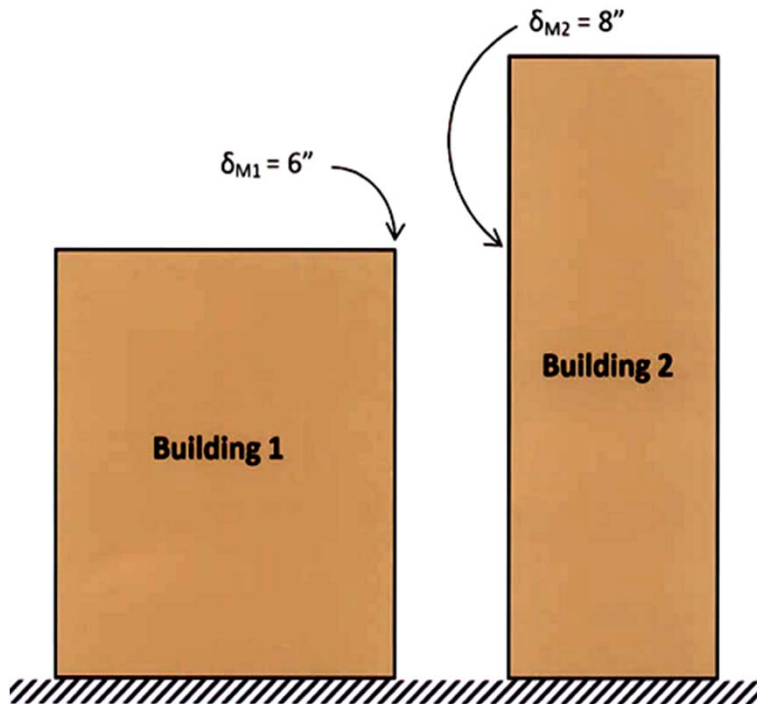
جابجایی های ساختمان و درز انقطاع

در ساختمان های تا ۸ طبقه

۸۴

$$0.7 * (D_{M1} + D_{M2}), 0.5(H1 + H2)$$

$$\sqrt{(6)^2 + (8)^2} = 10''$$



تغییر مکان واقعی طبقه: $D_M = C_d \cdot D_u$

که D_u دریافت طبقه بحرانی از خروجی در **Etabs**:

- گوشه بحرانی پلان در ساختمان های نامنظم پیچشی یا
- مرکز جرم برای دیگر ساختمان ها است.

دریافت مجاز واقعی طبقه:

۰.۰۲۵

۰.۰۲۰

- ساختمان تا ۵ طبقه
- سایر ساختمان ها



H. Kazemi
PhD on EE



Thanks for your pay attention