

به نام یگانه مهندس عالم هستی

تهیه کننده: امیر کارگر (کانال تلگرامی AMIRKARGAROFFICIAL)



آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله ۲۸۰۰ ساختمان ها را از نظر نظم کالبدی به دو دسته منظم و نا منظم تقسیم بندی می کند اگر هر امتداد ساختمان مشمول نا منظمی شود کل ساختمان به عنوان نامنظم در نظر گرفته می شود. نامنظمی ها به دو دسته ی نا منظمی در ارتفاع و پلان تقسیم بندی می شوند که به شرح آنها می پردازیم.

انواع نامنظمی‌ها

مطابق آیین‌نامه ۲۸۰۰

ویرایش جدید

آیین‌نامه
ساخت‌مان‌جادر
برابر در زلزله
۲۸۰۰
ویرایش جدید



نامنظمی‌ها در پلان

- ۱ نامنظمی هندسی

$\frac{X_p}{X} > 0.2 : \frac{Y_p}{Y} > 0.2$
- ۲ نامنظمی پیچشی

$\Delta_{avg} = \frac{\Delta_{max} + \Delta_{min}}{2}$

$TIR = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}}$

$TIR > 1.2$

$TIR > 1.4$
- ۳ نامنظمی در دیافراگم

$A > 0.25XY$

دیافراگم صلب

دیافراگم نرم
- ۴ نامنظمی خارج از صفحه

دیوار بالای سقف

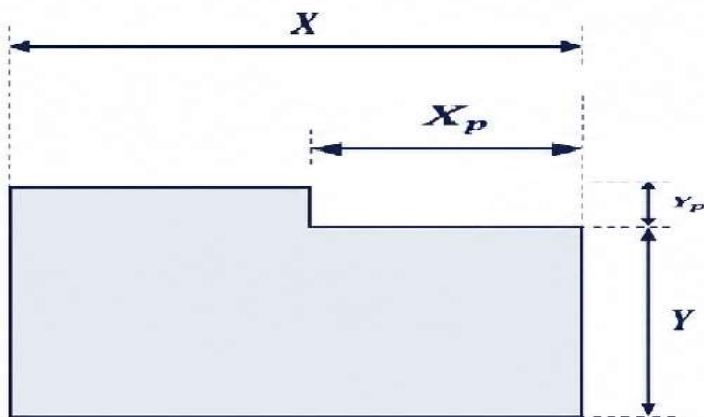
دیوار زیرین سقف
- ۵ نامنظمی سیستم‌های غیر موازی



نامنظمی هندسی در پلان

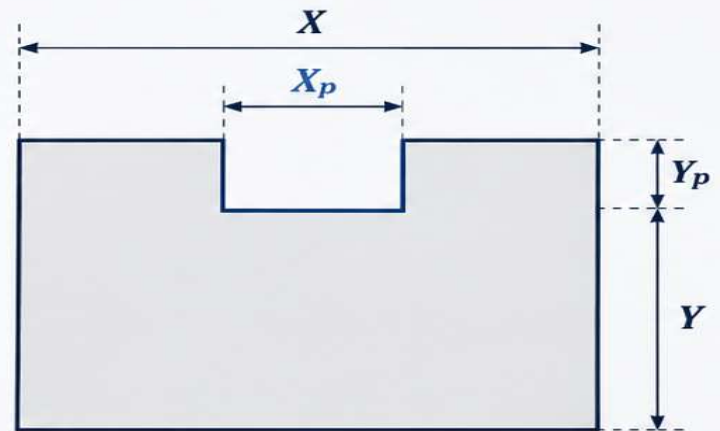
اگر نسبت اندازه تو رفتگی یا بیرون زدگی به طول کل ضلع مربوطه از 0.2 بیشتر باشد، ساختمان دارای نامنظمی هندسی در پلان محسوب می شود.

بیرون زدگی



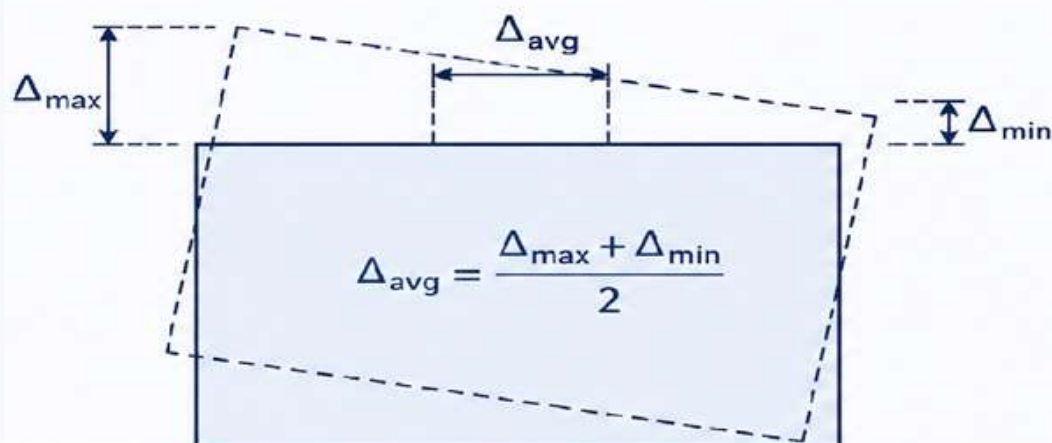
$$\frac{X_p}{X} > 0.2$$

تو رفتگی



$$\frac{Y_p}{Y} > 0.2$$

♦ — نامنظمی پیچشی — ♦



$$TIR = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}}$$

$TIR > 1.2 \rightarrow$ نامنظمی پیچشی زیاد

$TIR > 1.4 \rightarrow$ نامنظمی پیچشی شدید

توضیحات

$$TIR = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_{avg}}$$

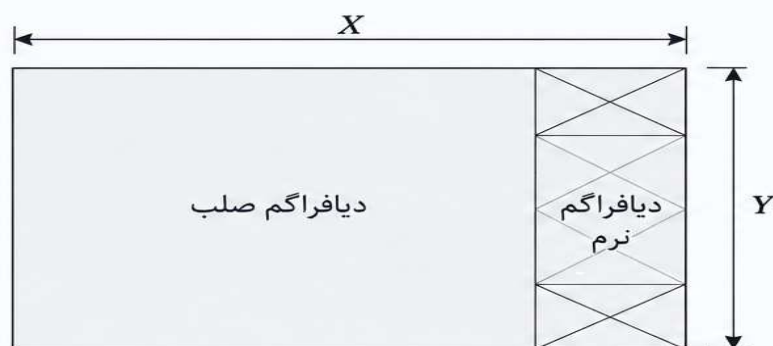
- نامنظمی پیچشی با مقدار TIR سنجیده می شود که برابر است با نسبت:
- حداکثر تغییر مکان نسبی Δ_{max} به تغییر مکان متوسط نسبی طبقه Δ_{avg}
- اگر مقدار این نسبت (TIR) بزرگتر از 1.2 باشد، ساختمان نامنظم پیچشی زیاد تلقی می شود.
- اگر مقدار این نسبت (TIR) بزرگتر از 1.4 باشد، ساختمان نامنظم پیچشی شدید تلقی می شود.



نامنظمی در دیافراگم

در صورتی که شرایط زیر در دیافراگم طبقه برقرار باشد، ساختمان دارای نامنظمی در دیافراگم محسوب می‌شود.

الف) نامنظمی در دیافراگم (سختی)



تغییر سختی در دیافراگم بیش از 50% !
سختی دهانه‌های مجاور



ب) نامنظمی در دیافراگم (مساحت)



وجود بازشو با مساحت بیش از 25%
سطح دیافراگم ($A > 0.25XY$)

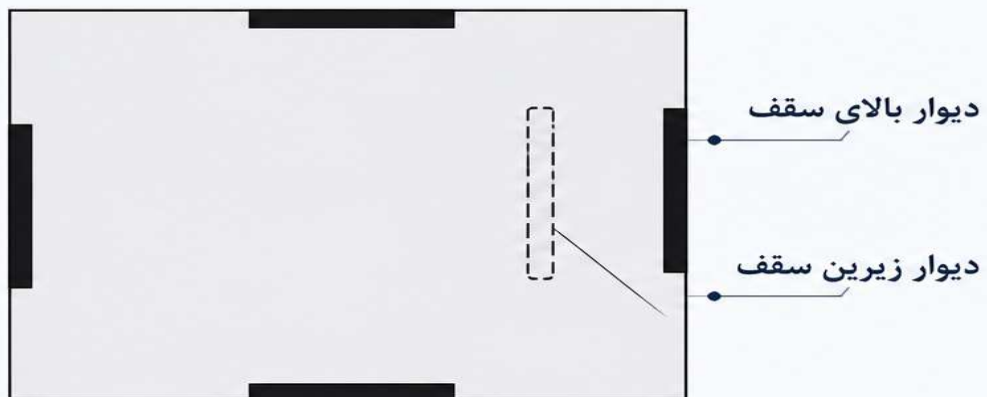


منظور از تغییر سختی، کاهش یا افزایش سختی دیافراگم در یک ناحیه نسبت به سختی دهانه‌های مجاور آن است؛
به‌طوری‌که این تغییر بیش از 50% باشد.



نامنظمی جابجایی خارج از صفحه

این نوع نامنظمی زمانی رخ می‌دهد که سیستم انتقال نیروی قائم ساختمان در امتداد قائم، به طور ناگهانی قطع یا جابجایی از امتداد خارج شود.



علت ایجاد نامنظمی

این نامنظمی به دلیل قطع یا جابجایی ناگهانی عناصر قائم (مانند ستون یا دیوار باربر) در طبقات مجاور نسبت به یکدیگر ایجاد می‌شود.



— نامنظمی سیستم‌های غیر موازی —

این نامنظمی زمانی رخ می‌دهد که محور یا امتداد سیستم‌های مقاوم در برابر نیروهای جانبی در پلان، غیر موازی یا غیرهم‌راستا باشند.



دیوار



تغییر زاویه امتداد محورهای سیستم‌های تحمل جانبی نیروها، باعث ایجاد نامنظمی می‌شود.

علت ایجاد نامنظمی

اختلاف در زاویه امتداد دیوارها، قاب‌ها یا سایر سیستم‌های مقاوم جانبی باعث توزیع نامتناسب سختی و مقاومت در دو جهت و ایجاد پیچش و تمرکز تنش در سازه می‌شود.



مثال

- ساختمان‌هایی با پلان دوزنقه‌ای یا منحرف
- عدم تراز بودن دیوارهای برشی در جهات مختلف



انواع نامنظمی ها

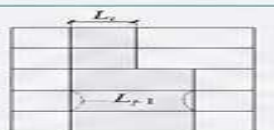
مطابق آیین نامه ۲۸۰۰

ویرایش جدید

آیین نامه
ساختمان ها در
برابر در برابر
۲۸۰۰
ویرایش جدید



نامنظمی ها در ارتفاع



$$L_{i+1} > 1.5 L_i$$

نامنظمی هندسی

۱

$$M_i > 1.5 M_{i+1} + M_i > 1.5 M_{i-1}$$



$$M_{i+1}$$

$$M_i$$

$$M_{i-1}$$

نامنظمی جرمی

۲

$$L_{0\text{ جانب}} > L_0 + L_{0\text{ جانب}} > L_b$$



قطع داخل صفحه
عناصر مقاوم لرزه ای

۳



نامنظمی مقاومت
جانبی

۴



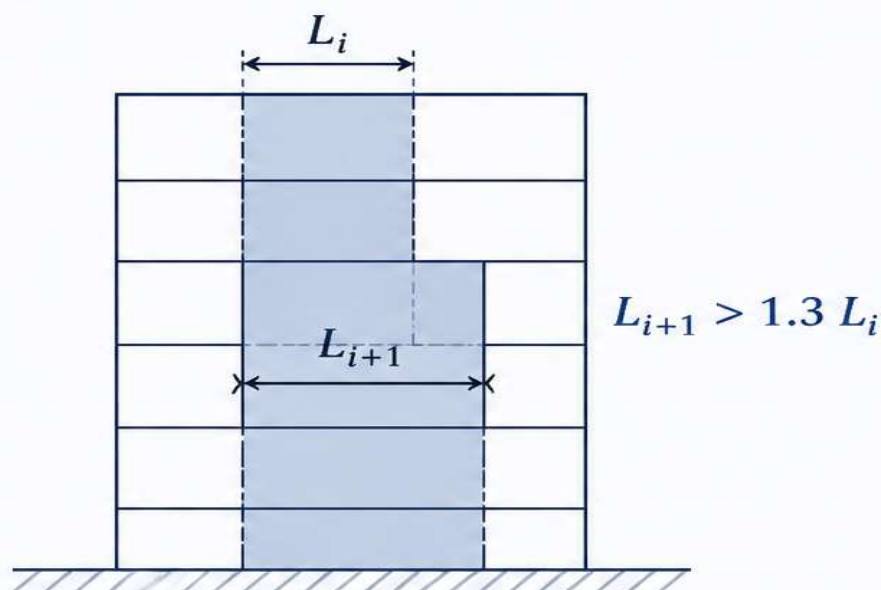
نامنظمی سختی
جانبی

۵



— نامنظمی هندسی —

این نامنظمی زمانی رخ می‌دهد که بعد افقی سیستم مقاوم لرزه‌ای در یک طبقه، به‌طور قابل توجهی بزرگ‌تر از طبقات مجاور باشد.



بعد افقی سیستم مقاوم لرزه‌ای در طبقه مورد نظر

تعریف

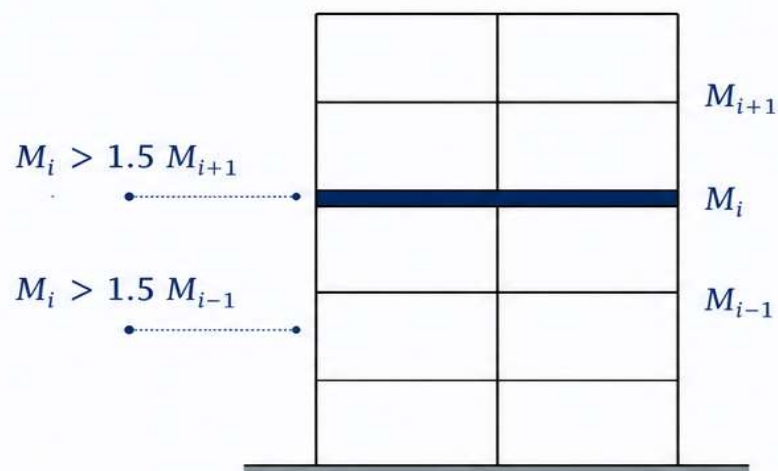
زمانی که بعد افقی (طول موثر) سیستم مقاوم لرزه‌ای در طبقه $i+1$ بیش از 130% بعد افقی آن در طبقات مجاور i باشد، ساختمان دارای نامنظمی هندسی است.

به‌طور ساده، اگر یک طبقه به‌صورت ناگهانی عریض‌تر از طبقات مجاور خود باشد.



— نامنظمی جرمی —

در این نوع نامنظمی، جرم یک طبقه در مقایسه با طبقه مجاور خود، به طور غیرمتناسبی زیاد است.



اگر جرم طبقه i بیش از 1.5 برابر جرم طبقه مجاور (بالایی یا پایینی) باشد، ساختمان دارای نامنظمی جرمی است.



علت ایجاد نامنظمی

تغییر ناگهانی در جرم لرزه‌ای طبقات، باعث تغییر در توزیع نیروهای جانبی و افزایش تمرکز تنش و تغییر مکان در طبقات پایین‌تر می‌شود.



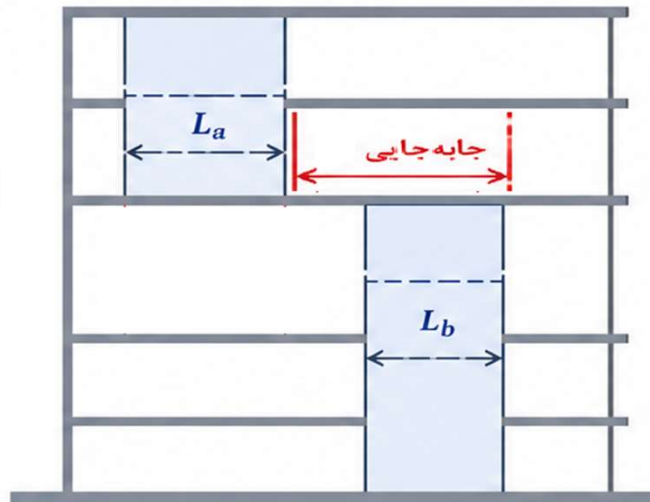
مثال

- وجود مخزن آب سنگین در یک طبقه خاص
- انباشت تجهیزات یا مصالح سنگین در یک طبقه
- تفاوت قابل توجه در کاربری و بازگذاری طبقات



— نامنظمی قطع داخل صفحه —

در این نوع نامنظمی، تغییر ناگهانی در امتداد قائم سیستم مقاوم لرزه‌ای به صورت قطع جابه‌جایی یا کاهش طول موثر دیوار یا ستون در یک طبقه ایجاد می‌شود.



L_a : طول موثر دیوار (یا ستون) در طبقه بالایی

L_b : طول موثر دیوار (یا ستون) در طبقه پایینی

$L_a >$ جابه‌جایی

$L_b >$ جابه‌جایی

ساختمان دارای نامنظمی قطع داخل صفحه است.

علت ایجاد نامنظمی

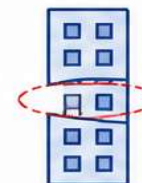
تغییر ناگهانی در امتداد قائم سیستم مقاوم لرزه‌ای
به دلیل قطع، جابه‌جایی حذف یا تغییر ابعاد دیوار یا ستون
در یک طبقه نسبت به طبقات مجاور.

— نامنظمی مقاومت جانبی عناصر قائم مقاوم لرزه‌ای —

این نوع نامنظمی زمانی رخ می‌دهد که مقاومت جانبی عناصر قائم (مانند دیوار برشی یا قاب خمشی) در یک طبقه، نسبت به طبقه مجاور به‌طور غیرمتناسب کاهش یابد.

توضیح نامنظمی

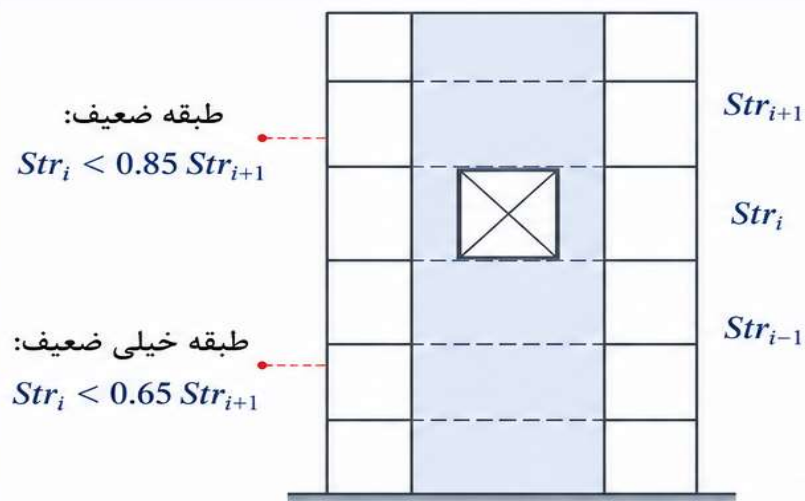
در این نامنظمی، مقاومت جانبی (سختی و مقاومت در برابر نیروی جانبی) عناصر قائم در یک طبقه نسبت به طبقه مجاور آن به‌طور قابل توجهی کمتر است. در نتیجه، تمرکز تغییرشکل و آسیب در آن طبقه افزایش یافته و احتمال شکست موضعی یا فروپاشی پیش‌رونده زیاد می‌شود.



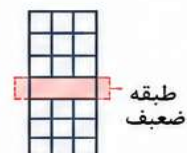
توضیح فرمول‌ها

Str_i : مجموع مقاومت جانبی عناصر قائم در طبقه i
 Str_{i+1} : مجموع مقاومت جانبی عناصر قائم در طبقه بالای i
 Str_{i-1} : مجموع مقاومت جانبی عناصر قائم در طبقه زیر i

$$Str = \sum R$$



متال‌هایی از عوامل ایجاد نامنظمی



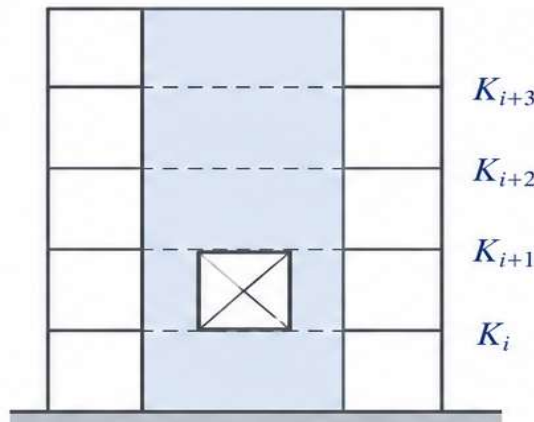
- کاهش تعداد یا ابعاد دیوارهای برشی در یک طبقه
- قطع دیوارهای برشی یا ستون‌ها در یک طبقه
- استفاده از بازشوهای بزرگ در دیوارهای برشی یک طبقه
- اختلاف زیاد در ابعاد یا جزئیات ستون‌ها بین طبقات

طبقه‌بندی شدت نامنظمی

طبقه ضعیف	$Str_i < 0.85 Str_{i+1}$	مقاومت جانبی طبقه i کمتر از ۸۵٪ مقاومت جانبی طبقه بالای آن است.
طبقه خیلی ضعیف	$Str_i < 0.65 Str_{i+1}$	مقاومت جانبی طبقه i کمتر از ۶۵٪ مقاومت جانبی طبقه بالای آن است.

→ نامنظمی سختی جانبی ←

این نامنظمی به دلیل **ضعف در سختی** جانبی طبقه‌ای نسبت به طبقات مجاور رخ می‌دهد و باعث تغییرات ناگهانی در توزیع سختی در امتداد قائم می‌شود.



تعاریف و نمادها



K_i : سختی جانبی طبقه i در راستای نیروی جانبی

(مانند برش پایه بر جایجایی جانبی طبقه)

$K_{i+1}, K_{i+2}, K_{i+3}$: سختی طبقات بالاتر از طبقه i

سختی جانبی طبقه = نیروی برشی کف شیر (برش پایه)
جایجایی جانبی آن طبقه

طبقه نرم

(کاهش شدید سختی)

$$K_i < 0.7 K_{i+1}$$

یا

$$K_i < \frac{0.8}{3} (K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})$$

طبقه خیلی نرم

(کاهش بسیار شدید سختی)

$$K_i < 0.6 K_{i+1}$$

یا

$$K_i < \frac{0.7}{3} (K_{i+1} + K_{i+2} + K_{i+3})$$

توضیح و پیامدها

- وقتی سختی جانبی یک طبقه به‌طور قابل توجهی از طبقات بالای آن کمتر باشد، طبقه مزبور **ضعیف‌تر** رفتار عمل می‌کند و تغییرمکان بیشتری جذب می‌کند.
- این موضوع باعث مکز تغییرمکان و تمرکز تنش در آن طبقه شده و احتمال آسیب یا فروپاشی در آن طبقه را افزایش می‌دهد.
- از جمله دلایل رایج: حذف یا کاهش دیوار برشی، وجود بازشوهای بزرگ، تغییر ارتفاع طبقه، تغییر سیستم باربر، و تغییر مقطع عناصر قائم.



جرائم مشمول سازه های نامنظم

ممنوع

نامنظمی: مقاومت جانبی طبقه خیلی ضعیف



احداث ساختمان‌های دارای نامنظمی از نوع مقاومت جانبی طبقه خیلی ضعیف
در هیچ یک از گروه‌های طراحی لرزه‌ای مجاز نمی‌باشد.

محدودیت

نامنظمی: مقاومت جانبی طبقه ضعیف، سختی جانبی طبقه خیلی نرم
یا نامنظمی پیچشی شدید



احداث ساختمان‌های دارای نامنظمی از نوع مقاومت جانبی طبقه ضعیف،
سختی جانبی طبقه خیلی نرم یا نامنظمی پیچشی شدید
در گروه طراحی لرزه‌ای ۳ مجاز نمی‌باشد.

جرائم مشمول سازه های نامنظم

وجود نامنظمی پیچشی شدید در پلان، امتیاز افزایش حداکثر ارتفاع مجاز از ۵۰ به ۷۰ متر (بند ۳ جدول ۳-۱) را برای سیستم های مقاوم لرزه ای مذکور حذف می کند.

1- قاب مهاربندی واگرای دارای تیر پیوند با رفتار برشی

3- قاب مهاربندی همگرای ویژه

2- دیوار برشی بتن آرمه همبند شکل پذیر

5- دیوار برشی بتن آرمه ویژه

4- قاب مهاربندی کمانش تاب

جرائم مشمول سازه های نامنظم

۱. ساختمان هایی که دارای نامنظمی پیچشی شدید در هر امتداد باشند.
۲. یا ساختمان هایی که برش در آن طبقات از ۳۵ درصد برش پایه بیشتر است با حذف عضوی از سیستم مقاوم جانبی و تحلیل استاتیکی معادل دارای ای نوع نا منظمی شوند.
- مشمول اعمال ضریب نامعینی ρ مطابق جدول ۲-۳ می شوند.

- ساختمان هایی که دارای نامنظمی در پلان به شرح ذیل باشند.
۱. نامنظمی پیچشی زیاد
 ۲. نامنظمی پیچشی شدید
 ۳. نامنظمی سیستم های غیر موازی
- اثر نیروی زلزله هر امتداد ساختمان برابر است با مجموع ۱۰۰ درصد نیرو در آن امتداد با ۳۰ درصد نیروی زلزله در امتداد متعامد آن

جرائم مشمول سازه های نامنظم

جهت در نظر گرفتن آثار پیچش اتفاقی در توزیع نیروی زلزله در پلان (که مطابق آیین نامه ۵ درصد بعد آن طبقه باید در نظر گرفته شود) در ساختمان های نامنظم پیچشی ضریب تشدید A_j باید منظور گردد این ضریب برابر است با :

$$A_j = \left(\frac{\delta_{\max}}{1.2\delta_{\text{avg}}} \right)^2$$

$$1 \leq A_j \leq 3$$

$A_j=1$ حداکثر تغییر مکان کلی طبقه با در نظر گرفتن $\delta_{\max}$

$A_j=1$ متوسط تغییر مکان کلی طبقه با در نظر گرفتن δ_{ave}

هر دو پارامتر فوق الذکر از تحلیل استاتیکی معادل محاسبه می شوند.

محدودیت های تحلیل سازه ساختمان های نامنظم

- ساختمان ها با نامنظمی های ذیل قابلیت تحلیل از روش استاتیکی معادل ندارند.
- 1. ساختمان هایی نامنظم در ارتفاع از نوع سختی جانبی **طبقه خیلی نرم**
- 2. ساختمان های نامنظمی در پلان از نوع **پیچشی شدید و خیلی شدید** و در ارتفاع از نوع **طبقه نرم** ، **هندسی و جرمی** ، که ارتفاع آن ها از ۳ طبقه و ۱۰.۵ متر بیشتر تا ۵۰ متر .
- ساختمان های نامنظمی که ارتفاع آن ها بیشتر از ۱۵ طبقه و ۵۰ متر از روی تراز پایه باشند و دارای نامنظمی در پلان از نوع **پیچشی شدید** یا در ارتفاع از نوع **سختی جانبی خیلی نرم** هستند علاوه بر این که از روش تحلیل خطی مجاز باید تحلیل شوند باید بر اساس یکی از روش های تحلیل خیر خطی نیز کنترل شوند.

جرائم مشمول سازه های نامنظم

- جهت کنترل تغییر مکان نسبی طبقات سازه هایی که دارای نامنظمی در پلان از نوع پیچشی شدید یا خیلی شدید باشند از بیشترین اختلاف بین تغییر مکان های گره های قرار گرفته در یک امتداد استفاده میکنیم. $\Delta eu = \Delta max$
- در محاسبه درز انقطاع لرزه ای اگر ساختمان ملزم به در نظر گرفتن تغییر مکان های غیر ارتجاعی سازه باشد. در سازه هایی که دارای نامنظمی پیچشی هستند ضریب تشدید A_j می بایست در نظر گرفته شود.
- در طراحی اتصال دیافراگم به جمع کننده ها و عناصر قائم مقاوم لرزه ای، در ساختمان هایی که نامنظمی در پلان از نوع هندسی، پیچشی، دیافراگم و جا به جایی خارج از صفحه، و در ارتفاع از نوع قطع داخل صفحه عناصر قائم دارند نیروی جانبی زلزله در تراز هر طبقه در صورتی که مشمول ضریب اضافه مقاومت Ω نشده باشد باید با 25 درصد افزایش به تراز مورد نظر وارد گردد.

جرائم مشمول سازه های نامنظم

- سازه های که دارای نامنظمی در پلان از نوع سیستم های خارج از صفحه و نامنظمی در ارتفاع از نوع قطع داخل صفحه عناصر قائم مقاوم لرزه ای می باشند و دیوار، ستون و یا مهاربند تا روی پی ادامه پیدا نمی کند اعضای سازه ای که بار های ناشی از عدم حضور عضو منقطع را متحمل می شوند باید با ترکیب بارگذاری مشمول ضریب اضافه مقاومت Ω طراحی شوند.

سازه هایی که دارای نامنظمی در پلان از نوع هندسی و جا به جایی خارج صفحه و در ارتفاع از نوع هندسی و قطع عناصر قائم مقاوم لرزه ای هستند را نمی توان از روش ساده شده تحلیل و طراحی نمود.

پایان

تهیه کننده : امیر کارگر (کانال تلگرامی AMIRKARGAROFFICIAL)