

# آموزش گام به گام کنترل نامنظمی پیچشی

بررسی نامنظمی های افقی و عمودی سازه در زمان فرآیند طراحی برای تضمین ثبات و استحکام ساختمان بسیار ضروری است. تأثیر منفی نامنظمی ها در زمان زمین لرزه مشخص می شود و موجب آسیب شدید به سازه و حتی خرابی کامل آن می شود. نامنظمی پیچشی یکی از همین بی نظمی های افقی است که باید در زمان طراحی نقشه در نظر گرفته شود. با این حال، پیش از تعریف نامنظمی پیچشی باید با مفاهیمی چون پیچش، دررفت، دررفت طبقه و گریز از مرکز آشنا شویم.



## پیچش در ساختمان چیست ؟

پیچش حالتی است که در آن نیروی گشتاور وارد بر فلز موجب کشش و پیچ خوردگی آن می شود. این حالت زمانی رخ می دهد که جزء ساختمانی تحت تأثیر نیروی چرخشی قرار گیرد. پیچش را می توان در یک میله لاستیکی با مقطع دایره ای که به صورت مستطیل طراحی شده است، مشاهده کرد. اگر دو سمت این مستطیل را در جهت معکوس نسبت به یکدیگر بپیچانید، مستطیل کج خواهد شد. کششی که موجب کش شدن مستطیل می شود همان پیچش بوده، پیچشی که در میله لاستیکی ایجاد شده است، برای بازگشت به حالت پیشین خود تلاش خواهد کرد. پیچش موجب فشار برشی شده و در زوایای صحیح مانند کشش و تراکم عمل می کند. از این رو، پیچاندن یک حوله خیس باعث ایجاد تراکم ناشی از پیچش شده و آب از بافت حوله خارج خواهد شد.

## دریفت طبقه چیست ؟

دریفت ساختمان به معنی جابه جایی افقی ساختمان با توجه به پایه آن در زمان مواجهه با نیروهای افقی، چون باد و زمین لرزه، می باشد. از این رو، دریفت طبقه را نیز می توان به صورت جابه جایی طبقه ساختمان در مقایسه با سطح بالایی و یا پایینی تعریف کرد.

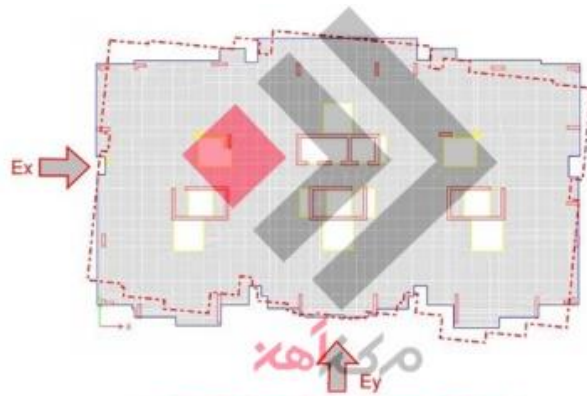
### • گریز از مرکز

به طور کلی، گریز از مرکز طبیعی به عنوان فاصله میان مرکز حجم و مرکز سختی برای یک طبقه در نظر گرفته می شود؛ از سوی دیگر، گریز از مرکز تصادفی شامل عواملی چون جزء چرخشی حرکت زمین حول محور عمودی، تفاوت میان مقادیر اصلی حجم و سختی و توزیع نامناسب بار زنده می شود.

## تعریف ساختمان های منظم و نامنظم

به طور کلی، ساختمان ها به دو دسته منظم و نامنظم تقسیم می شوند. از جمله ساختمان هایی که بر اساس توزیع حجم و قدرت نامتقارن ساخته می شوند، سیستم هایی هستند که یکی از ویژگی های اصلی آن ها نحوه واکنش به لرزه های پیچشی-انتقالی است. اجتناب از ساخت سازه های نامتقارن در ساختمان سازی مدرن تقریباً غیرممکن است، زیرا این سازه ها مقررات معماری و کاربردی متفاوتی دارند. حتی در سازه های متقارن نیز موقعیت نامتقارن اجزای سازه (توزیع غیرمتقارن حجم و سختی) موجب تولید یک سازه نامتقارن تأثیرگذاری خواهد شد. چنین بی نظمی، حتی کوچک، موجب بروز واکنش پیچشی به همراه واکنش انتقالی می شود.

وجود نامنظمی در سازه تأثیر معکوس بر واکنش لرزه ای سازه دارد. به طور کلی، نامنظمی سازه را می توان به دو دسته تقسیم کرد: نامنظمی طرح و نامنظمی عمودی.



## ساختمان های منظم و نامنظم

**نامنظمی طرح:** عدم یکنواختی در طرح سازه را نامنظمی طرح می نامند. انواع این نامنظمی عبارتند از: پیچشی، گوشه های درون رو، ناپیوستگی دیافراگم، آفست خارج از سطح و سیستم نا موازی برای نامنظمی طرح.

**نامنظمی عمودی:** سازه هایی که از نوعی ناپیوستگی فیزیکی در پیکربندی عمودی و یا سیستم های مقاوم در برابر نیروی جانبی تشکیل شده اند را به عنوان سازه های نامنظم عمودی می شناسند. این نامنظمی عمودی در سازه ها به صورت بی نظمی سختی، بی نظمی حجم، بی نظمی هندسی عمودی و ناپیوستگی در ظرفیت مشاهده می شوند.

## کاهش عواقب نامنظمی پیچشی شدید

**نامنظمی پیچشی** مفهومی آشناست که از سالیان پیش در قوانین مختلف ساختمان سازی درج شده است. این نامنظمی مشکلی است که مهندسان راه مقابله با آن را به ویژه در نواحی با گسل فعال، یاد گرفته اند. با این حال، نامنظمی پیچشی شدید مفهومی تقریباً تازه است و در دسته رفتارهای پیچشی قرار می گیرد. نامنظمی پیچشی نشان دهنده موقعیتی است که در آن حداکثر دررفت یکی از طبقات ساختمان، شامل پیچش تصادفی، بیش از  $1/2$  برابر میانگین دررفت طبقه در دو سمت دیگر سازه باشد. به عبارت دیگر، اگر یک سمت یک مستطیل بیش از  $1/5$  برابر سمت دیگر جابجا شود شاهد نامنظمی پیچشی خواهیم بود. محاسبه نامنظمی پیچشی شدید همانند نامنظمی پیچشی است؛ با این وجود، نامنظمی مختص ساختمان هایی است که حداکثر دررفت طبقه، از جمله پیچش تصادفی، در یک سمت

ساختمان بیش از ۱/۴ برابر سمت دیگر باشد. به عبارت دیگر، اگر دررفت یک سمت مستطیل بیشتر از ۲/۳۳ برابر سمت دیگر باشد، نامنظمی پیچشی شدید اتفاق خواهد افتاد.

در حوزه طراحی لرزه ای، تنها زمان جهت شتاب طیفی نقشه ها را مشخص خواهد کرد. در مناطقی که واکنش شتاب طیفی تقریباً ۰/۷۵ گاست، سازه ها باید با آگاهی از تغییرات احتمالی این ملاک ها طراحی شوند، زیرا این مسئله تأثیر به سزایی بر تعیین رده طراحی لرزه ای و محدودیت های مربوط به نامنظمی های خاص خواهد داشت.

سازه ای را در نظر بگیرید که مجهز به سیستم جانبی مقاوم در برابر نیرو است. ممکن است یک سمت سازه دارای دررفت ۰/۰۸ اینچ و سمت دیگر دارای دررفت ۰/۱۲ باشد؛ در این صورت، میانگین دررفت ۰/۱۰ خواهد بود. اگرچه این انحرافات بسیار ناچیز هستند، این ساختمان به عنوان سازه ای در نظر گرفته می شود که دارای نامنظمی پیچشی است. به همین طریق، برای دررفت های ۰/۰۶ و ۰/۱۴، حداکثر دررفت تقسیم بر میانگین برابر ۱/۴ خواهد بود؛ در این صورت شاهد نامنظمی پیچشی شدید هستیم. به عبارت دیگر، حتی کوچک ترین دررفت نیز می تواند منجر به نامنظمی سازه شود.

فرض بر این است که نامنظمی پیچشی منعکس کننده مشکل رفتاری گسترده ای می باشد که شامل دررفت و توزیع نیروها می شود. در این صورت، در زمان طرح نقشه باید به کنترل بزرگی نیروها و قدرت پایه سیستم ها اهمیت ویژه ای داده شود. حتی در این صورت نیز، بزرگی دررفت نقش مؤثری بر کاربرد سیستم های غیر سازه ای و ارزیابی ثبات سیستم های سازه ای و غیر سازه ای خواهد داشت. واضح است که هر چه دررفت کمتر باشد، عواقب آن نیز کمتر خواهد شد و دررفت های بزرگ تر نیز اثرات مخرب بیشتری دارند.

## **مقررات مربوط به نامنظمی پیچشی**

نامنظمی پیچشی، که در تمامی مقررات مربوط به طراحی سازه های لرزشی در نظر گرفته می شود، به عوامل گوناگونی چون هندسه طرح، ابعاد و موقعیت اجزای سازه و تعداد طبقات بستگی دارد.

بر اساس بند ۱۲/۸/۴/۳ قانون ASCE 7-10 سال ۲۰۱۰ برای نامنظمی پیچشی،  $\pm 0\%$  بار جانبی تصادفی گریز از مرکز با استفاده از عامل زیر تقویت می شود:

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

مرکز آهه

### فرمول محاسبه بار جانبی تصادفی گریز از مرکز

در اینجا،  $\delta_{avg}$  و  $\delta_{max}$ ، به ترتیب نشان دهنده حداکثر جابه جایی در سطح  $x$  و میانگین جابجایی در دورترین نقاط سازه در سطح  $x$  هستند و  $A_x = 1$  در نظر گرفته می شود. عامل تقویت کننده پیچشی ( $A_x$ ) نباید کمتر از ۱ و بیشتر از ۳/۰ باشد. این مقررات را می توان به صورت زیر نیز نشان داد:

ضریب نامنظمی پیچشی،  $\eta_t$ ، اینگونه تعریف می شود:

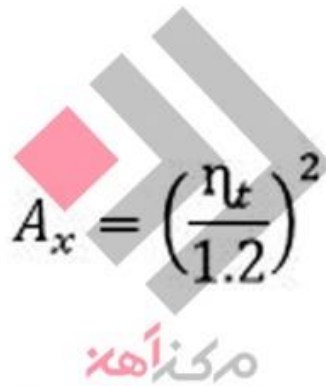
$$\eta_t = \frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}}$$

مرکز آهه

### ضریب نامنظمی پیچشی

• در اینجا، اگر  $\eta_t \leq 1.2$  باشد، نامنظمی پیچشی وجود ندارد؛ به عبارت دیگر،  $A_x = 1$  :

اگر  $1/2 \leq \eta_t \leq 2.083$  باشد، نامنظمی پیچشی وجود داشته و عامل تقویت گریز از مرکز اینگونه محاسبه می شود:



$$A_x = \left( \frac{\eta_t}{1.2} \right)^2$$

مرکز آهه

## فرمول محاسبه عامل تقویت گریز از مرکز

- اگر  $\eta_t > 2.083$  باشد، پس  $\eta_t = 2.083$  است. ( $A_x = 3.0$ )

### نحوه کنترل نامنظمی پیچشی در ایتبس

نامنظمی پیچشی یکی از دلایل اصلی خرابی ساختمان ها در زمان مواجهه با تحریکات دینامیکی شدید، مانند زمین لرزه و بادهای شدید، است. چنین بی نظمی هایی علاوه بر تأثیر قابل توجه بر جهت پیچش، منجر به اثرات بسیار مخرب در جهات جانبی نیز می شود. بنابراین، عدم توجه به نامنظمی پیچشی در تجزیه و تحلیل طرح لرزه ای می تواند موجب آسیب ها و ضررهای غیرقابل پیش بینی شود. به منظور بهبود امنیت و عملکرد ساختمان، اکثر قوانین مربوط به سازه های لرزشی به دو روش با این نوع نامنظمی برخورد می کنند. اولین راه محاسبه لنگر پیچشی برای هر طبقه با استفاده از معادلات ارائه شده در قوانین مختلف است. سپس، تجزیه و تحلیل لرزه ای انجام می شود. دومین راه نیز تغییر حجم یا سختی مرکزی به منظور حذف نیروی گریز از مرکز است. با اضافه کردن حجم و اجزای سازه ای، چون سیستم های چهارچوب مقاوم در برابر فشار یا سیستم، یا اضافه کردن سیستم های کنترل کننده، به صورت منفعل یا فعال، به ساختمان می توان به این هدف رسید.

### جمع بندی

مواجهه سازه های ساختمانی با نیروهای افقی، همچون زلزله و بادهای شدید، می تواند موجب دررفت و جابجایی طبقات در مقایسه با پایه ساختمان شود. این جابجایی از تقارن سازه کاسته و در این صورت، شاهد نامنظمی پیچشی

خواهیم بود. اگر میزان نامنظمی پیچشی یک سمت از سازه بیش از ۲/۳۳ برابر سمت دیگر باشد با نامنظمی پیچشی شدید رو به رو خواهیم بود. برای جلوگیری از این پدیده می توان با محاسبه لنگر پیچشی هر طبقه و در نظر گرفتن اقدامات لازم در زمان ساخت، از احتمال بروز این بی نظمی جلوگیری کرد. علاوه بر این، تغییر نیروی گریز از مرکز و افزایش حجم اجزای سازه نیز می تواند روش مؤثری برای مواجهه و کنترل نامنظمی پیچشی در اختیار شما قرار دهد.