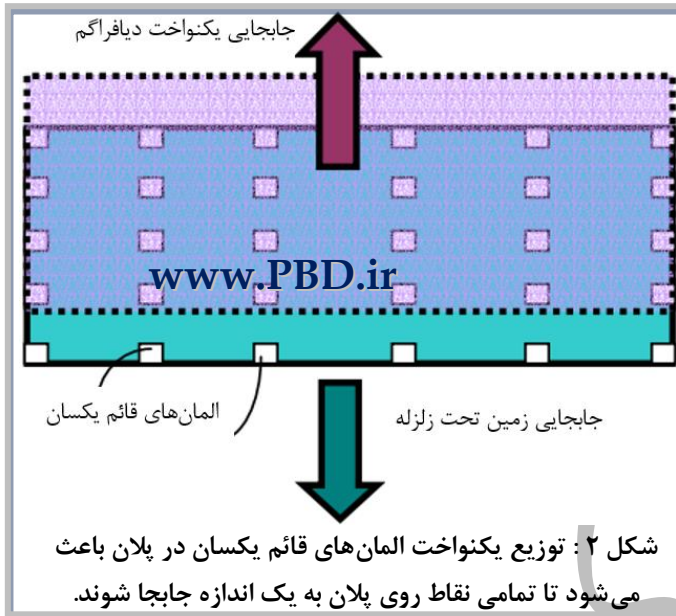




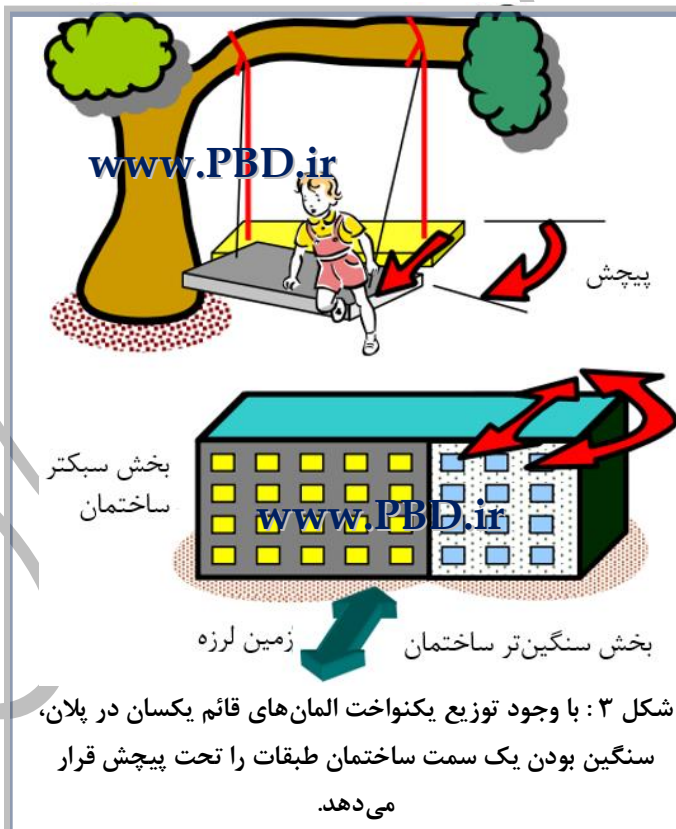
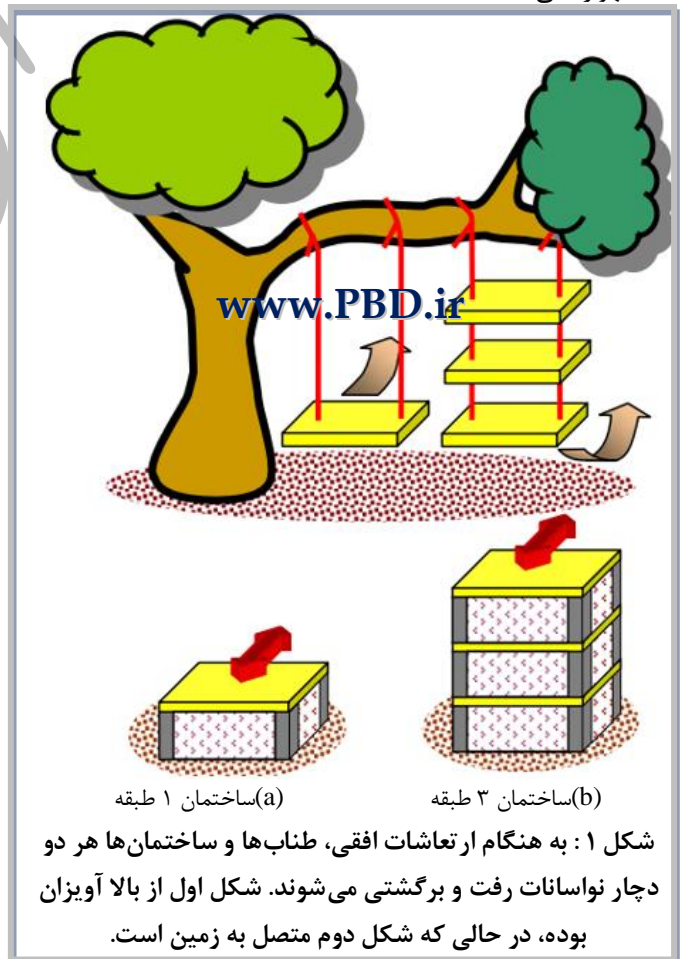
۷- پیش‌ساختمان‌ها تحت زلزله چگونه رخ می‌دهد؟

بنابراین در یک ساختمان مشخص که در آن المان‌های قائم یکسان در هر دو جهت افقی به صورت یکنواخت توزیع شده‌اند، با تحریک فونداسیون، در یکی از جهات افقی، نوسان رفت و برگشتی تمام نقاط روی یک دیافراگم مشخص، همگی باهم برابر خواهند بود (شکل ۲).



چرا یک ساختمان می‌پیچد؟

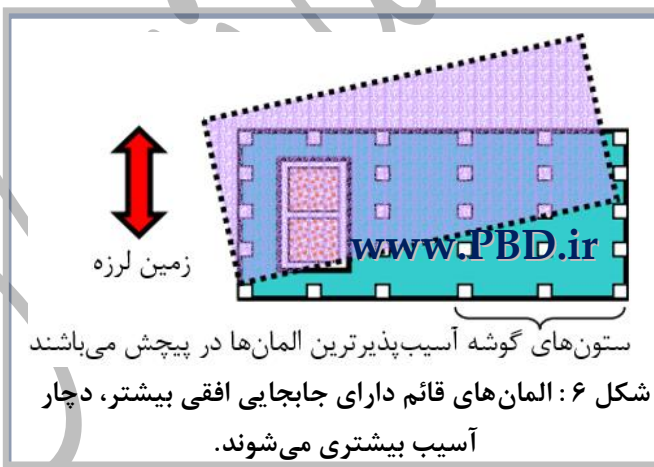
حتما در دوران کودکی سوار تاب شده‌اید، تاب‌های دست‌سازی که در قدیم به وسیله طناب و تخته ساخته شده و کل مجموعه به شاخه درخت متصل می‌گردید یا مدل‌های امروزی آن، که در پارک‌ها موجود می‌باشد و دارای یک گهواره پلاستیکی گره‌خورده به زنجیرهای فلزی بوده که کل مجموعه آن به یک قاب فولادی متصل می‌باشد. یک تاب را در نظر بگیرید که به دو طناب کاملا یکسان گره خورده است. وقتی شما دقیقا در وسط گهواره بنشینید نوسان هر دو طناب کاملا یکسان خواهد بود. نوسان ساختمان‌ها نیز شبیه به تاب می‌باشد با این تفاوت که نوسان ساختمان حالت معکوس شده نوسان تاب می‌باشد (شکل ۱). دیوارهای قائم و ستون‌ها شبیه به طناب‌ها بوده و کف‌ها و دیافراگم‌ها شبیه به گهواره می‌باشند. نوسان ساختمان‌ها در زلزله رفت و برگشتی بوده و نوسان ساختمان‌های بیش از ۱ طبقه شبیه نوسان تاب‌های دارای بیش از یک گهواره می‌باشد.



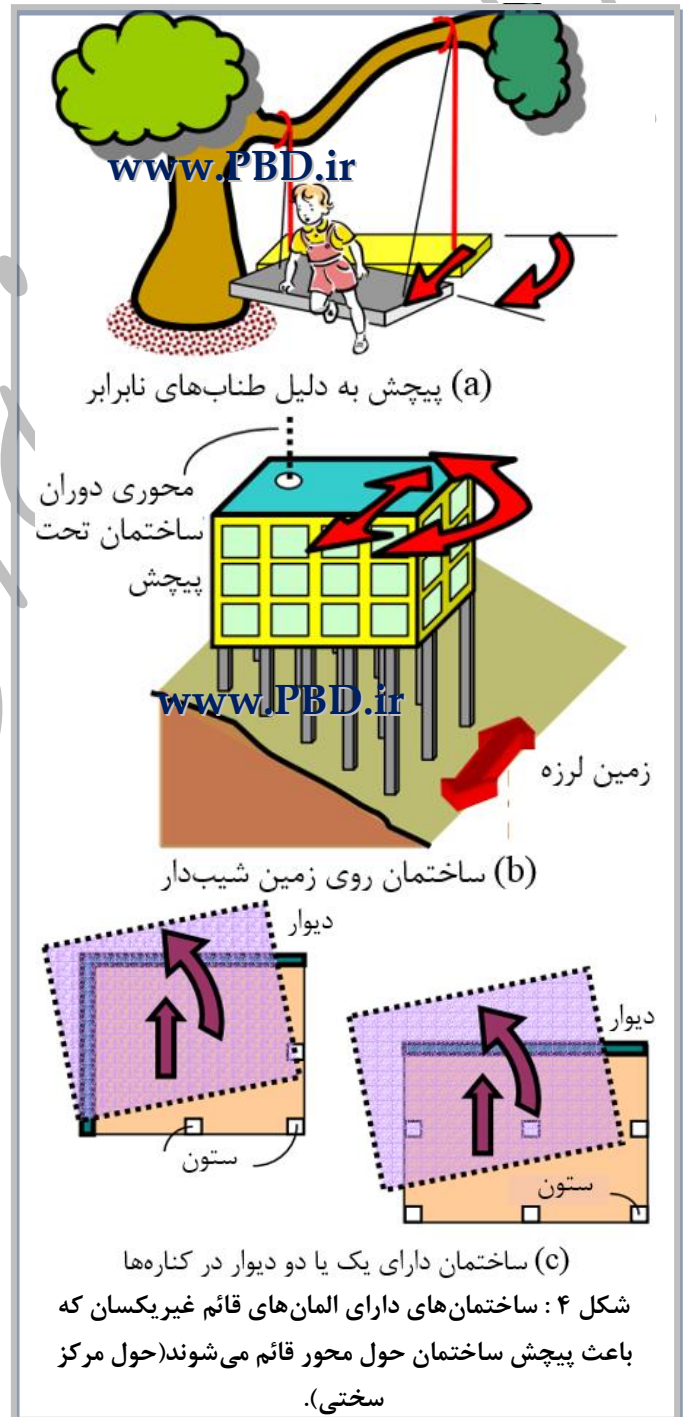
دو طناب با طول‌های نابرابر به درخت متصل باشد، در این حالت حتی اگر در وسط گهواره نیز نشسته باشید بازهم گهواره دچار پیچش خواهد شد (شکل ۴-ا). به طور مشابه در ساختمان‌های با المان‌های قائم نابرابر (ساختمان‌هایی که بر روی زمین‌های شیب‌دار ساخته می‌شوند) طبقات و کل ساختمان حول محور قائم تحت پیچش قرار می‌گیرند (شکل ۴-ب). به همین ترتیب در ساختمان‌های دارای دیوار در دو کناره (یا یک کناره) و ستون‌های ضعیف در کناره‌های دیگر در اثر زمین لرزه پیچش در طبقات و کل ساختمان ایجاد خواهد شد (شکل ۴-ج). ساختمان‌های با شکل نامنظم، تحت زلزله تمایل به پیچش دارند. به عنوان مثال به دلیل سختی کمتر در بخش سمت راست طبقه هم‌کف، بخش بالایی ساختمان در شکل ۵، تمایل به جابجایی بیشتری داشته و ساختمان از این جهت مستعد تحمل خسارات بیشتری نیز می‌باشد.



پیچش چه بلایی بر سر المان‌ها و اجزای سازه‌ای می‌آورد؟ مهندسان به پیچیدن ساختمان، پیچش می‌گویند که باعث می‌شود در یک طبقه یکسان، بخش‌های مختلف طبقه جابجایی‌های متفاوتی را تجربه کنند، که این تغییر مکان‌های نابرابر باعث آسیب به ستون‌ها و دیوارهایی می‌شود که در گوشه‌های ساختمان قرار دارند (شکل ۶).



به مثال تاب بر روی درخت بازگردیم: اگر شما در یکی از کناره‌های گهواره بنشینید، تاب خواهد پیچید (به عبارت بهتر سمتی که شما نشسته‌اید متحمل جابجایی بیشتر می‌شود). همچنین در مواقعی که بیشتر هم‌بازی‌ها در یک سمت تاب می‌نشینند این اتفاق رخ می‌دهد. به همین ترتیب اگر در یک طبقه مشخص بخش اعظمی از جرم طبقه، متمرکز در یک طرف طبقه باشد (به عنوان مثال کاربری یک سمت از طبقه، انباری یا یک کتابخانه باشد)، در این صورت به هنگام زمین‌لرزه این بخش سنگین‌تر دارای جابجایی بیشتری خواهد بود (شکل ۳).



بنابراین به دلیل عدم جابجایی یکسان در بخش‌های مختلف یک کف، طبقه یا طبقاتی دچار پیچش شده و کل ساختمان نیز به تبع آن خواهد پیچید. اجازه بدهید تا یکبار دیگر به مثال تاب بر روی درخت بازگردیم: این بار حالتی را فرض کنید که گهواره از طریق



- خطاهای ساخت

مرکز جرم در هر طبقه ممکن است با مرکز جرم طبقه دیگر متفاوت باشد که در این صورت مرکز جرم طبقات در یک راستای قائم نبوده و این اختلاف محاسبه شده بایستی در طرح لرزه‌ای نیز لحاظ شود. نیروی برشی طبقات که در واقع نیروی اینرسی ناشی از زلزله است بر جرم‌هایی که تحت شتاب قرار می‌گیرند اعمال می‌شود. از آنجایی که جرم طبقات در تراز سقف‌ها بصورت متمرکز در نظر گرفته می‌شود، نیروی برشی به تراز سقف‌ها وارد شده که آن هم از مرکز جرم طبقه می‌گذرد. بنابراین نیروی زلزله همواره از مرکز جرم طبقه یا ساختمان عبور می‌کند. مرکز جرم را مرکز برش نیز می‌گویند.

منابع:

- 1- Arnold, C., and Reitherman, R., (1982), *Building Configuration and Seismic Design*, John Wiley, USA.
- 2- Lagorio, H.J., (1990), *EARTHQUAKES An Architect's Guide to Non-Structural Seismic Hazard*, John Wiley & Sons, Inc., USA
- 3- Chopra, A.K., (1980), *Dynamics of Structures - A Primer*, EERI Monograph, Earthquake Engineering Research Institute, USA.
- 4- www.bmtpc.org
- 5- www.nicee.org
- ۶- تسنیمی، عباسعلی، "رفتار و طرح لرزه‌ای ساختمان‌های بتن مسلح (آب+۲۸۰۰)" مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، جلد اول، ۱۳۸۰
- ۷- عادل، حجت‌الله، "مهندسی زلزله" دانشگاه تهران، جلد اول، ۱۳۵۹
- ۸- آئین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله "استاندارد ۲۸۰۰۰" (نشریه شماره ض-۲۵۳)، ویرایش چهارم، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، ۱۳۹۳.

در طی زلزله‌های گذشته، رفتار لرزه‌ای بسیاری از ساختمان‌ها به دلیل پیچش بیش از حد، به شدت تحت تاثیر قرار گرفته است. بنابراین برای بهبود رفتار لرزه‌ای می‌توان با اطمینان از تقارن ساختمان (توزیع یکنواخت جرم و سختی در پلان) این پیچش‌ها را به حداقل رساند (هرچند در بسیاری از مواقع پیچش اجتناب ناپذیر است). در صورتی که این پیچش‌ها اجتناب ناپذیر باشد بایستی محاسبات ویژه‌ای برای برش‌های مازاد ناشی از پیچش برای المان‌های سازه‌ای و کل ساختمان در طراحی مد نظر قرار گیرد. با توجه به توضیحات و تصاویر ارائه شده، هر ساختمانی که تحت اثر زلزله واقع می‌شود تحت اثر لنگر پیچشی قرار می‌گیرد. لنگر پیچشی در یک ساختمان بستگی به عوامل مختلفی دارد که مهمترین آنها توزیع جرم و سختی در پلان و ارتفاع می‌باشد. لنگر پیچشی واقعی از عدم انطباق مرکز سختی و مرکز جرم به وجود می‌آید. آئین‌نامه‌ها بنا به دلایل زیر علاوه بر پیچش واقعی پیچشی مازادی به نام پیچش تصادفی در ساختمان‌ها در نظر می‌گیرند. به دلیل عدم قطعیت‌های موجود در برآورد پیچش واقعی موثر بر سازه این نگرانی وجود دارد که پیچش واقعی وارد بر سازه در عمل بیش از مقداری باشد که طراح بر مبنای روابط ریاضی محاسبه می‌کند، در این حالت سازه در عمل در وضعیت بحرانی‌تری نسبت به شرایط محاسباتی قرار می‌گیرد. خطا در تعیین محل واقعی مرکز جرم و مرکز سختی، خطاهای موجود در تعیین نیروهای زلزله و نحوه اعمال آن بر سازه و ... عدم قطعیت‌های مذکور را تشکیل می‌دهند. آئین‌نامه‌ها جهت پشتیبانی از این موضوع و رفع خطاهای مذکور، مقرر می‌دارد علاوه بر پیچش واقعی، پیچش دیگری نیز محاسبه و به پیچش واقعی اضافه گردد تا بدین ترتیب مقدار پیچش نهائی تشدید شود. در این صورت عدم قطعیت‌های مذکور جبران خواهد شد. به این پیچش اضافی یا جبرانی اصطلاحاً "پیچش تصادفی" یا "پیچش اتفاقی" گفته می‌شود. مقدار پیچش تصادفی در هر طبقه از حاصل ضرب نیروی زلزله طبقه در ۰.۵٪ بعد خارجی ساختمان که عمود بر امتداد نیرو است حاصل می‌شود.

عدم قطعیت‌های ناشی از تعیین مرکز جرم:

- توزیع یکنواخت بار زنده و بار معادل تیغه‌بندی در نرم‌افزار، در حالی که در واقعیت تمرکز بار زنده و بارتیغه بندی با فرض‌های تحلیل سازه متفاوت می‌باشد.

- خطاهای ساخت

عدم قطعیت‌های ناشی از تعیین مرکز سختی:

- تسلیم برخی از المان‌ها در جریان باربری لرزه‌ای و از دست دادن بخش قابل توجهی از سختی المان (این مورد در جریان زلزله محل مرکز سختی را تغییر می‌دهد، در حالی که در طراحی محل مرکز سختی ثابت فرض می‌شود)

- ترتیب و توالی تشکیل مفاصل پلاستیک باعث تغییر مرکز سختی خواهند شد.

ترجمه و تالیف:

جواد قدرتی

کارشناس ارشد زلزله از دانشگاه صنعتی شریف

پل‌های ارتباطی با نویسنده:

WebSite: www.PBD.ir

Mob: 09303091405

Telegram: <https://t.me/PBDEng/>

Instagram: https://www.instagram.com/PBD_ir/

Email: J.yengejeh@yahoo.com

کانال تلگرام طراح حرفه‌ای ساختمان

https://t.me/PBD_ir



طراح حرفه‌ای ساختمان در موضوعات زیر به جامعه مهندسی کشور ارائه خدمت می‌کند:

- ۱- نکات مهم سازه‌ای که اغلب مهندسين در رابطه با مفاهيم آنها اطلاعات ناکافی و يا بعضا اطلاعات اشتباهی دارند.
- ۲- نکات مهمی که بر خلاف استانداردهای بین‌المللی در آئین‌نامه‌های داخلی فعلی پوشش داده نشده است.
- ۳- نکات مهم و مفاهيم اساسی سازه‌ای که برای مدل‌سازی بندهای آئین‌نامه در نرم‌افزار ضروری است.
- ۴- نکات مهمی که نرم‌افزارهای طراحی قابلیت انجام آن را نداشته و بایستی دستی کنترل شوند.
- ۵- نکات مهم طراحی که برای عملیاتی شدن و اجرایی شدن طرح بایستی در نظر گرفته شود.
- ۶- نکات مهمی که اغلب در آئین‌نامه و استانداردها گنگ و نامعلوم می‌باشد.

مهندسين و اساتید عزیز منتظر انتقادات، نظرات و پیشنهاداتتان هستیم.

نکات تکمیلی را از سایت طراح حرفه‌ای ساختمان پیگیری کنید:

www.PBD.ir

ساختمان