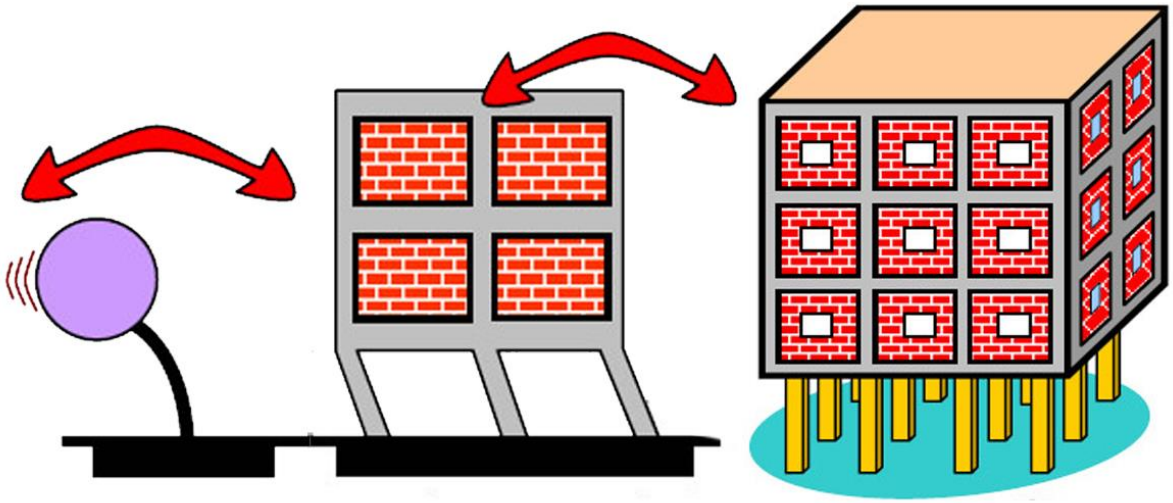
## چرا ساختمان‌هایی با طبقه همکف باز در برابر زلزله‌ها آسیب‌پذیر هستند؟



### ویژگی‌های اساسی

ساختمان‌های قاب بتن مسلح (RC) در مناطق شهری به سرعت در حال رشد هستند. بسیاری از این ساختمان‌های ساخته شده در زمان کنونی دارای ویژگی خاصی هستند - طبقه همکف به صورت باز به عنوان پارکینگ طراحی می‌شود (شکل ۱)، به عنوان مثال، بین ستون‌های طبقه همکف دیوار جداکننده (بنایی یا RC) وجود ندارد. چنین ساختمان‌هایی اغلب ساختمان‌های طبقه همکف باز یا ساختمان روی تیر اطراف نامیده می‌شوند.

*Figure 1: Ground storeys of reinforced concrete buildings are left open sometimes to facilitate parking.*

**شکل ۱: طبقات همکف ساختمان‌های بتن مسلح گاهی اوقات به منظور درنظرگرفتن پارکینگ به صورت باز ساخته می‌شوند.**

یک ساختمان طبقه همکف باز دارای ستون‌ها به‌تنهایی در طبقه همکف و ستون‌ها و دیوارهای جداکننده در طبقات بالاتر، دارای مشخصات مجزا هستند، به این صورت که:

(a) در طبقه همکف نسبتا انعطاف‌پذیر هستند، به عنوان مثال، تغییرمکان افقی نسبی مربوط به طبقه همکف بسیار بیشتر از مقداری است که هر طبقه در بالا تحمل می‌کند. این طبقه همکف انعطاف‌پذیر هم‌چنین طبقه نرم نامیده می‌شود.

(b) نسبتا در طبقه همکف ضعیف است، به عنوان مثال، نیروی زلزله افقی کلی که در طبقه همکف تحمل می‌شود به‌طور قابل ملاحظه‌ای کوچک‌تر از مقدار قابل تحملی است که در هر طبقه بالاتر می‌تواند تحمل کند. پس، طبقه همکف باز ممکن است طبقه ضعیف هم باشد.

اغلب، ساختمان‌هایی با طبقه همکف باز، ساختمان‌هایی با طبقه نرم نامیده می‌شوند اگرچه طبقه همکف آنها ممکن است نرم و ضعیف باشد. به‌طورکلی، طبقه نرم یا ضعیف معمولا در تراز طبقه همکف وجود دارد، اما می‌تواند در هر طبقه دیگر هم وجود داشته باشد.

**رفتار زلزله**

ساختمان‌هایی با طبقه همکف باز عملکرد ضعیفی طی زلزله‌های گذشته در سرتاسر جهان از خود نشان دادند (به‌عنوان مثال، زلزله‌های ترکیه ۱۹۹۹، تایوان ۱۹۹۹ و الجزایر ۲۰۰۳ )، تعداد قابل توجهی از آنها فروریختند. تعداد زیادی از ساختمان‌ها با طبقه همکف باز در هند در سال‌های اخیر ساخته شده‌اند. به‌عنوان مثال، شهر Ahmedabad به‌تنهایی حدود ۲۵۰۰۰ ساختمان ۵ طبقه و حدود ۱۵۰۰ ساختمان ۱۱ طبقه دارد. اکثر آنها دارای طبقه همکف باز هستند. به‌علاوه، تعداد زیادی از ساختمان‌ها که به صورت مشابه طراحی و ساخته شده اند در شهرها و روستاهای مختلفی در حد متوسط نسبت به مناطق لرزه‌خیز شدید (با نام III، IV و V ) کشور وجود دارند. فروریزش بیش از ۱۰۰ ساختمان قاب بتن مسلح با طبقات همکف باز در Ahmedabad ( ۲۲۵ km دورتر از مرکز زلزله) طی زلزله Bhuj ۲۰۰۱ نشان می‌دهد که چنین ساختمان‌هایی تحت لرزش زلزله بسیار آسیب‌پذیر هستند.

حضور دیوارها در طبقات بالاتر، انها را نسبت به طبقه همکف باز سخت‌تر می‌گرداند. بنابراین، طبقات بالاتر اغلب با یکدیگر مانند یک بلوک ساده حرکت می‌کنند و بیشتر تغییرمکان افقی ساختمان در طبقه همکف نرم رخ می‌دهد. به زبان ساده، این نوع ساختمان‌ها می‌توانند همانند یک ساختمان بر chopsticks بیان شوند. بنابراین، چنین ساختمان‌هایی به جلو و عقب تاب می‌خورند مانند پاندول‌های معکوس طی لرزش زلزله (شکل ۲a)، و ستون‌ها در طبقه همکف نرم به شدت تحت تنش قرار دارند (شکل ۲b). اگر ستون‌ها ضعیف باشند، ( مقاومت لازم در برابر این تنش‌های زیاد را نداشته باشند) یا اگر دارای شکل‌پذیری کافی نباشند ممکن است به شدت آسیب ببینند (شکل ۳a) که ممکن است منجربه فروریزش ساختمان گردد (شکل ۳b).

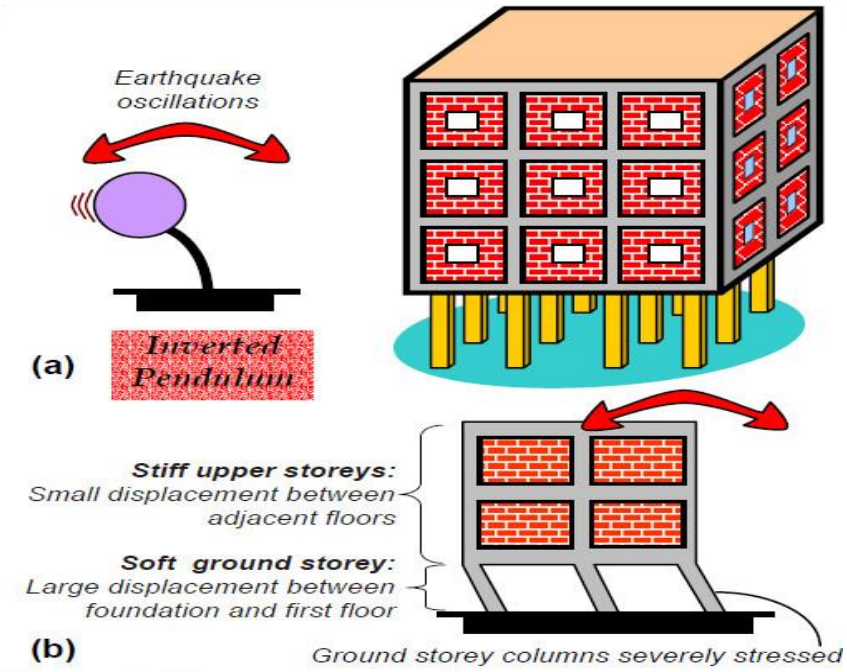



*Figure 2: Upper storeys of open ground storey buildings move together as a single block*

**شکل ۲: طبقات بالایی ساختمان‌های با طبقه همکف باز با یکدیگر به عنوان یک بلوک حرکت می‌کنند.**

**(a) 1971 San Fernando Earthquake**

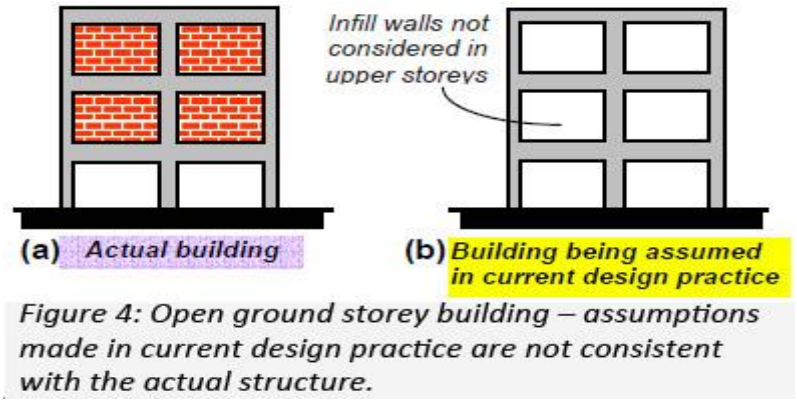
**(b) 2001 Bhuj Earthquake**

*Figure 3: Consequences of open ground storeys in RC frame buildings*

**شکل ۳: آثار طبقات همکف باز در ساختمان‌های قاب RC**

**مشکل**

ساختمان‌هایی با طبقه همکف باز به صورت ذاتی سیستم‌های ضعیف با افت ناگهانی در سختی و مقاومت در طبقه همکف می‌باشند. در فعالیت کنونی، دیوارهای بنایی سخت (شکل 4a) نادیده گرفته شدند و فقط قاب‌های ساده در محاسبات طراحی (شکل 4b) درنظر گرفته شدند. بنابراین، اثر پاندول معکوس در طراحی درنظر گرفته نشد.




**شکل ۴: فرضیات ساختمان با طبقه همکف باز ایجاد شده در عملکرد طراحی کنونی با سازه واقعی مطابقت ندارد.**

**استراتژی‌های طراحی پیشرفته**

اکثر استانداردهای کنونی، آئین‌نامه‌های طراحی خاصی مربوط به ساختمان‌های طبقه نرم دارند. به‌عنوان مثال، UBC۹۷ ساختمان با طبقه نرم را به عنوان سازه غیرقانونی مشخص می‌شمارد، در ادامه قسمت‌هایی از UBC۹۷ مربوط به طبقات نرم و آئین‌نامه‌های مربوطه معرفی می‌شوند:

| بخش مرجع | تفسیر و نوع نامنظمی |
|---|---|
| ۱۶۲۹,۸,۴ مورد ۴ | نامنظمی سختی- طبقه نرم<br>طبقه نرم طبقه‌ای است که در آن سختی جانبی کمتر از ۷۰ درصد طبقه بالا یا کمتر از ۸۰ درصد سختی میانگین سه طبقه بالا باشد. |
| ۱۶۲۹,۸,۴ مورد ۲ | نامنظمی وزن (جرم)<br>نامنظمی جرم باید زمانی درنظرگرفته شود که جرم موثر هر طبقه بیشتر از ۱۵۰ درصد جرم موثر طبقه مجاور باشد. سقف سبک‌تر از سقف زیرین نباید درنظرگرفته شود. |
| ۱۶۲۹,۸,۴ مورد ۲ | نامنظمی هندسی عمودی<br>نامنظمی هندسی عمودی باید زمانی درنظرگرفته شود که بعد افقی سیستم مقاوم باربر جانبی در هر طبقه بیشتر از ۱۳۰ درصد آن مقدار در طبقه مجاور باشد.پنت‌هاوس‌های یک طبقه نباید درنظرگرفته شوند. |
| ۱۶۳۰,۸,۲ | ناپیوستگی درون صفحه در عضو سیستم باربر جانبی عمودی<br>انحراف درون صفحه‌ای اعضای سیستم مقاوم باربر جانبی بیشتر از طول آن المان‌هاست. |
| ۱۶,۲۹,۱ | ناپیوستگی در گنجایش-طبقه ضعیف<br>یک طبقه ضعیف، طبقه‌ای است که در آن مقاومت کمتر از ۸۰ درصد مقدار آن در طبقه بالایی است. مقاومت طبقه، مقاومت کلی همه المان‌های مقاوم لرزه‌ای سهیم در برش طبقه برای درتحت ملاحظات می‌باشد. |

**جدول L-۱۶ – نامنظمی‌های سازه‌ای عمودی**

**۱۶۲۹,۵,۳ سازه‌های نامنظم**

۱. سازه‌های نامنظم دارای ناپیوستگی‌های فیزیکی مشخص در ساختار یا در سیستم‌های باربر جانبی هستند. ویژگی‌های نامنظمی شامل می‌شوند، اما محدود به جداول L-۱۶ و M-۱۶ توضیح داده شده نمی‌باشند. همه سازه‌ها در مناطق لرزه‌خیز ۱ و طبقه‌بندی تصرف ۴ و ۵ در مناطق لرزه‌خیز ۲ نیازمند ارزیابی فقط برای نامنظمی عمودی نوع ۵ (L-۱۶) و نامنظمی افقی نوع ۱ می‌باشند.

۲. سازه‌هایی دارای ویژگی‌های موجود در جدول L-۱۶ باید به صورتی طراحی شوند که انگار دارای نامنظمی عمودی هستند.

استثنا: وقتی هیچ نسبت تغییرمکان طبقه تحت نیروهای جانبی بیشتر از ۱,۳ برابر نسبت تغییرمکان طبقه بالایی نباشد، فرض می‌شود که سازه نامنظمی‌های سازه‌ای نوع ۱ و ۲ در جدول L-۱۶ را ندارد. نسبت تغییرمکان طبقه برای دو طبقه بالایی نیاز به لحاظ شدن ندارند. تغییرمکان‌های طبقه برای این مشخصات ممکن است با نادیده‌گرفتن اثرات کششی محاسبه شوند.

۳. سازه‌هایی با هر ویژگی ذکر شده در جدول M-۱۶ باید با درنظرگرفتن نامنظمی در پلان طراحی شوند.

۱۶۲۹,۸,۴ دینامیک. اجرای نیروی جانبی دینامیکی بخش ۱۶۳۱ باید برای همه سازه‌های دیگر شامل موارد زیر مورد استفاده قرار گیرند:

۱. سازه‌های با ارتفاع ۲۴۰ فوت (۱۵۲ ۷۳ mm) یا بیشتر، به‌جز موارد مجاز بخش ۱۶۲۹,۸,۳ . مورد ۱

۲. سازه‌های دارای سختی، نامنظمی عمودی هندسی یا وزن نوع ۱، ۲ یا ۳ همان‌طوری که در جدول L-۱۶ یا M-۱۶ توضیح داده شده به‌جز موارد مجاز بخش ۱۶۳۰,۴,۴.

۳. سازه‌های با تعداد طبقات بیشتر از ۵ یا ۶۵ فوت (۸۱۲ ۱۹ mm) ارتفاع در مناطق لرزه‌خیزی ۳ و ۴ که دارای سیستم سازه‌ای یکسان نباشند به‌جز موارد مجاز بخش ۱۶۳۰,۴,۲.

۴. سازه‌های منظم یا نامنظم واقع شده در نوع خاک $S_f$ که دارای پریود بزرگتر از ۰,۷ ثانیه هستند. آنالیز باید اثرات خاک‌هادر موقعیت را دربرگیرند و باید با بخش ۱۶۳۱,۲ مورد ۴ مطابقت داشته باشد.

برای همه ساختمان‌های قاب RC جدید، بهترین گزینه، اجتناب از چنین کاهش بزرگ و ناگهانی در سختی و/ یا مقاومت در هر طبقه می‌باشد. ساختن دیوارها (بنایی یا دیوارهای RC) در طبقه همکف ایده‌آل است (شکل ۵). طراحان می‌توانند از اثرات خطرناک طبقات همکف ضعیف و انعطاف‌پذیر با اطمینان از اینکه دیوارهای زیادی در طبقه همکف ناپیوستگی نداشته باشند، مانند، افت سختی و مقاومت در تراز طبقه همکف در اثر عدم وجود دیوارهای پرکننده ناگهانی نیست. ساختمان‌های با طبقه همکف باز نیازمند مقاوم‌سازی مناسب به منظور اجتناب از فروریزش طی لرزش زلزله قوی می‌باشند. مالکان باید در جستجوی سرویس‌های مهندسین سازه‌ای شایسته، کسانی که توانایی پیشنهاد راه‌حل‌های مناسب به‌منظور امنیت لرزه‌ای این ساختمان‌ها را دارند باشند.

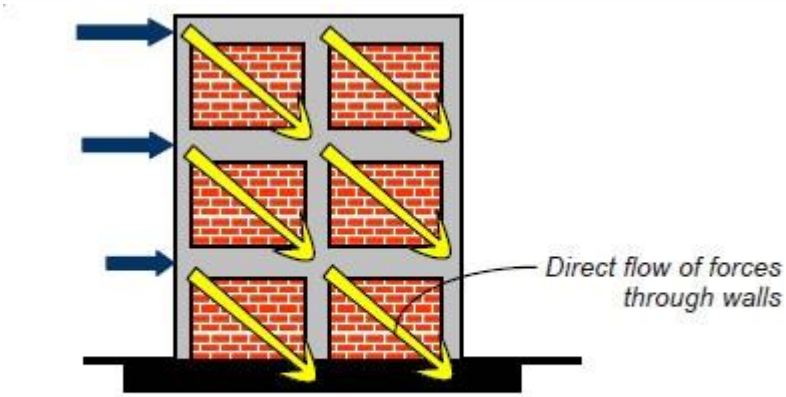



*Figure 5: Avoiding open ground storey problem – continuity of walls in ground storey is preferred.*

**شکل ۵: برای اجتناب از مشکل طبقه همکف باز – پیوستگی دیوارها در طبقه همکف ترجیح داده شد.**

**مترجم: سارا محمد پور**

**منبع:**

http://struczone.com/why-are-open-ground-story-buildings-vulnerable-in-earthquakes/