

## زلزله چگونه بر سازه‌های بتن مسلح اثر می‌گذارد؟

ساختمان‌های بتن مسلح از دو نوع مصالح اولیه تشکیل شده‌اند که عبارت‌اند از: بتن و میلگردهای فلزی. بتن از ماسه، سنگ شکسته شده و سیمان تشکیل شده است که همه با مقادیر پیش فرض با آب ترکیب می‌شوند. بتن را می‌توان توسط قالب و میلگردهای فولادی را از طریق خم کردن می‌توان به شکل‌های مختلف در آورد. بنابراین ساختمان‌هایی با اشکال پیچیده ممکن می‌شوند.

ساختمان‌های بتن مسلح معمول از اعضای افقی و عمودی و تکیه گاه‌های که روی فونداسیون قرار گرفته است، ساخته شده‌اند. سیستم‌های مرکب از ستون‌های بتن مسلح و تیرهای متصل را قاب بتن مسلح گویند. این قاب‌ها برای مقاومت در برابر بارهای لرزه‌ای مناسب هستند. لرزش‌های زلزله، نیروی اینرسی در ساختمان ایجاد می‌کنند که با جرم ساختمان متناسب هستند. از آنجا که بیشتر جرم ساختمان در کف‌ها می‌باشد، نیروهای اینرسی ایجاد شده در ابتدا در کف‌ها گسترش می‌یابند. این نیروها به دیوارها منتقل شده سپس به فونداسیون که به صورت جداگانه در سطح زمین قرار گرفته است، وارد می‌شوند. نیروهای اینرسی از بالای ساختمان به سمت پایین محاسبه می‌شوند، ستون‌ها و دیوارها در طبقات پایین‌تر، نیروهای لرزه‌ای بیشتری را تجربه می‌کنند، بنابراین باید آن‌ها را از طبقات بالاتر، قوی‌تر طراحی کرد.



Figure 1: Total horizontal earthquake force in a building increases downwards along its height

شکل ۱: تمامی نیروی افقی زلزله در ساختمان رو به پایین در ارتفاع ساختمان افزایش می‌یابد.

### نقش دال‌های کف و دیوارهای بنایی

دال‌های کف المان‌های صفحه‌ای افقی هستند که سبب بهبود شدن عملکرد ساختمان می‌شود. هنگامی که تیرها در راستای قائم در طول زلزله خم می‌شوند، دال‌های لاغر در طول آن‌ها خم می‌شوند؛ و هنگامی که تیرها سبب جابجایی ستون‌ها در راستای افقی می‌شوند، دال‌ها معمولاً نیروهای تیرها را از این طریق منتقل می‌کنند. در بیشتر ساختمان‌ها، اعوجاج هندسی دال در سطوح افقی ناچیز است. این رفتار عملکرد دیافراگم صلب شناخته می‌شود که مهندسان ساختمان در طول طراحی باید در نظر بگیرند.

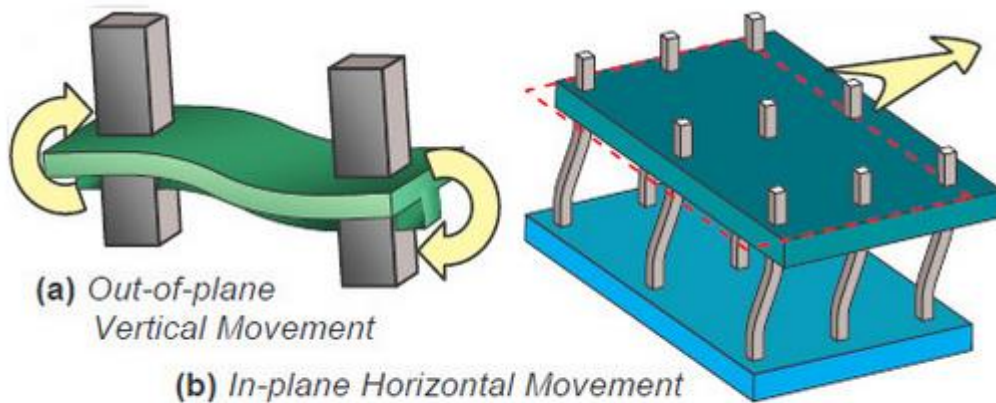


Figure 2: Floor bends with the beam but moves all columns at that level together

شکل ۲: طبقه با تیر دچار خمش می‌شود اما تمام ستون‌ها در آن طبقه حرکت می‌کنند.

(a) حرکت قائم خارج از صفحه (b) حرکت افقی داخل صفحه

در ساختمان‌های بتن مسلح، بعد از مستقر شدن ستون‌ها و کف‌ها، بتن ریزی و سخت شدن آن، فضای عمودی بین ستون‌ها و کف‌ها معمولاً با دیوارهای بنایی پر می‌شوند تا محدوده فضاهای تعریف شده در نقشه‌ها (اتاق‌ها) مشخص شود. معمولاً این دیوارها، دیوارهای پرکننده نامیده می‌شوند که به ستون‌های بتن مسلح و تیرهای اطراف متصل نیستند، هنگامی که نیروهای افقی کف به ستون‌ها می‌رسند، تلاش می‌کنند که حرکت افقی انجام دهند، اما دیوارهای بنایی در برابر حرکت مقاومت می‌کنند. هرچه دیوارها سنگین و ضخیم‌تر باشند می‌توانند نیروی افقی بیشتری را جذب کنند. به دلیل اینکه مصالح این دیوارها ترد و شکننده است، ترک‌ها در دیوارها در اثر حمل بار افقی گسترش می‌یابند. دیوارهای پرکننده در ساختمان مانند فیوز عمل می‌کنند، در هنگام زلزله ترک‌ها گسترش می‌یابند ولی با به اشتراک گذاشتن بار بین ستون‌ها و تیرها آن را کنترل می‌کنند. عملکرد لرزه‌ای دیوارهای پرکننده با استفاده از ساروج مقاوم و ساخت صحیح دیوار و ایجاد فاصله مناسب بین دیوار و قاب بتن مسلح، افزایش می‌یابد. دیوارهایی که بی‌دلیل بلند و طویل هستند در فشار دچار تغییر شکل به سمت بیرون می‌شوند که می‌تواند باعث مرگ شود. همچنین قرارگیری نامناسب دیوارهای پرکننده در ساختمان می‌تواند باعث به وجود آمدن پدیده ستون کوتاه و پیچش شود.

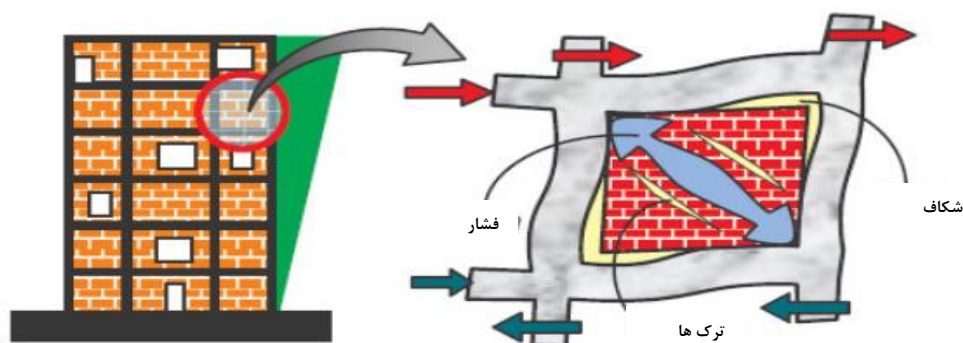


Figure 3: Infill walls moves together with the columns under earthquake shaking

شکل ۳: دیوارهای میان قاب تحت لرزش زلزله همراه با ستون حرکت می‌کنند.

اثر حرکات افقی زمین لرزه متفاوت است

بارگذاری گرانشی (با توجه به وزن خود و محتویات) در ساختمان باعث خم شدن در کشش و کوتاه شدگی در مکان‌های مختلف در قاب RC می‌شود. تنش ایجاد شده در سطوح سبب ایجاد کشش و فشار در کوتاه شدگی می‌شود. تحت بار گرانشی کشش در تیرها در سطح پایین تیر در مرکز آن شروع و در سطح بالای آن به انتها می‌رسد. از سوی دیگر، زلزله موجب ایجاد کشش در تیرها و سطوح ستون‌ها در مکان‌های مختلف، تحت بارگذاری گرانشی می‌شود (شکل ۴C). سطوح نسبی تحت تنش ایجاد شده در اعضا در شکل ۴d نشان داده شده است. میزان خم شدگی بستگی به شدت تکان‌های لرزه‌ای دارد و می‌تواند با توجه به بارگذاری گرانشی گسترش یابد؛ بنابراین تحت لرزش‌های قوی، در انتهای تیر در سطوح بالا و پایین، افزایش تنش خواهیم داشت. از آنجا که بتن نمی‌تواند این تنش را تحمل کند، میلگردهای فلزی باید در هر دو سطح تیر در برابر خمش معکوس مقاوم باشند. به طور مشابه میلگردهای فلزی در ستون‌ها باید در تمامی سطوح همین مقاومت را داشته باشند.

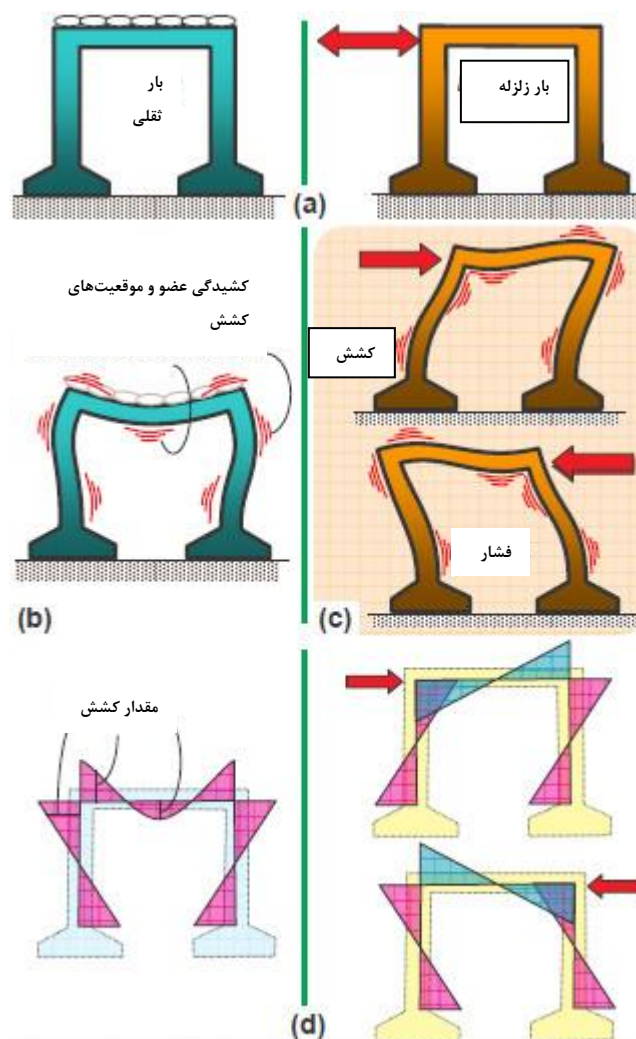


Figure 4: Earthquake Shaking

شکل ۴: لرزش زلزله

سلسله مراتب مقاومت

برای اینکه در طول زلزله، یک ساختمان ایمن باشد، ستون‌ها باید از تیرها و فونداسیون از ستون‌ها قوی‌تر باشند. علاوه بر این اتصال بین تیر به ستون و ستون به فونداسیون نباید از بین برود تا به طور صحیح از تیر به ستون و از آن به فونداسیون منتقل شود.

هنگامی که این استراتژی در نظر گرفته شود به احتمال زیاد خرابی برای اولین بار در تیرها رخ می‌دهد. هنگامی که تیرها به طور مناسب دارای شکل پذیری زیاد باشند ساختمان می‌تواند در برابر خرابی پیش‌رونده ناشی از به تسلیم رسیدن تیرها، تغییر شکل‌های بزرگی را تحمل کند. در مقابل، اگر ستون‌ها ضعیف‌تر ساخته شوند، آن‌ها دچار آسیب شدید محلی، در بالا و پایین یک طبقه خاص می‌شوند (شکل B۵). این آسیب محلی می‌تواند سبب خرابی سازه شود در حالی که طبقات بالا تقریباً سالم باقی می‌مانند.

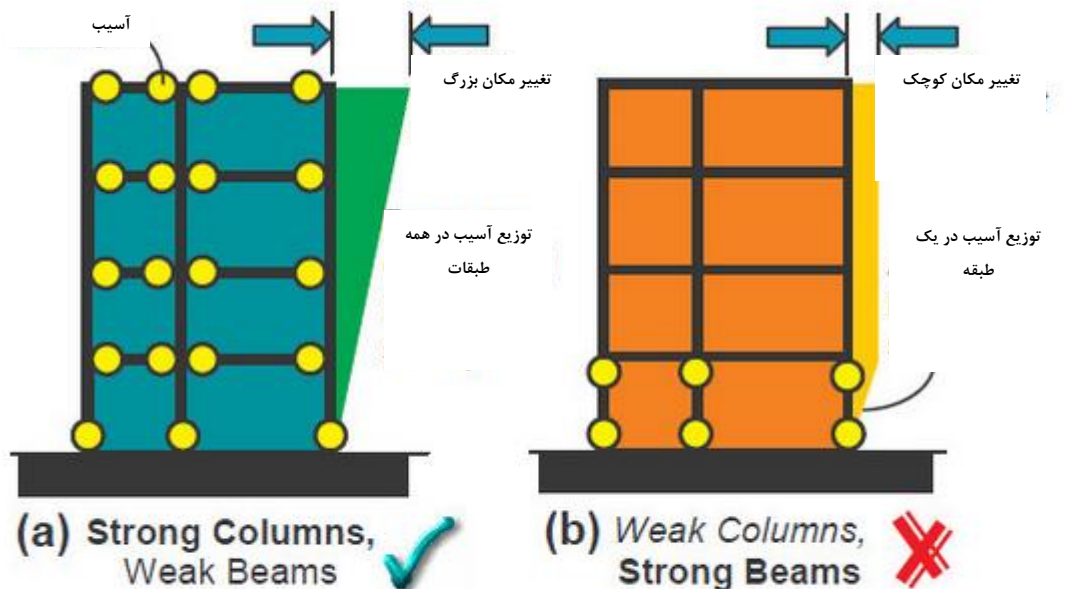


Figure 5: Two distinct designs of buildings that result in different earthquake performances

شکل ۵: دو نوع طراحی متفاوت که دارای عملکرد لرزه‌ای مختلفی هستند.

(a) تیر ضعیف، ستون قوی - خرابی - جابجایی بزرگ در فروریزش - خسارت و خرابی در تمام طبقات گسترش می‌یابد.

(b) تیر قوی، ستون ضعیف - جابجایی کم قبل فروریزش - تمام خسارت در یک طبقه

مترجم: نیما اصغری

منبع:

<http://struczone.com/how-do-earthquakes-affect-reinforced-concrete-buildings/>