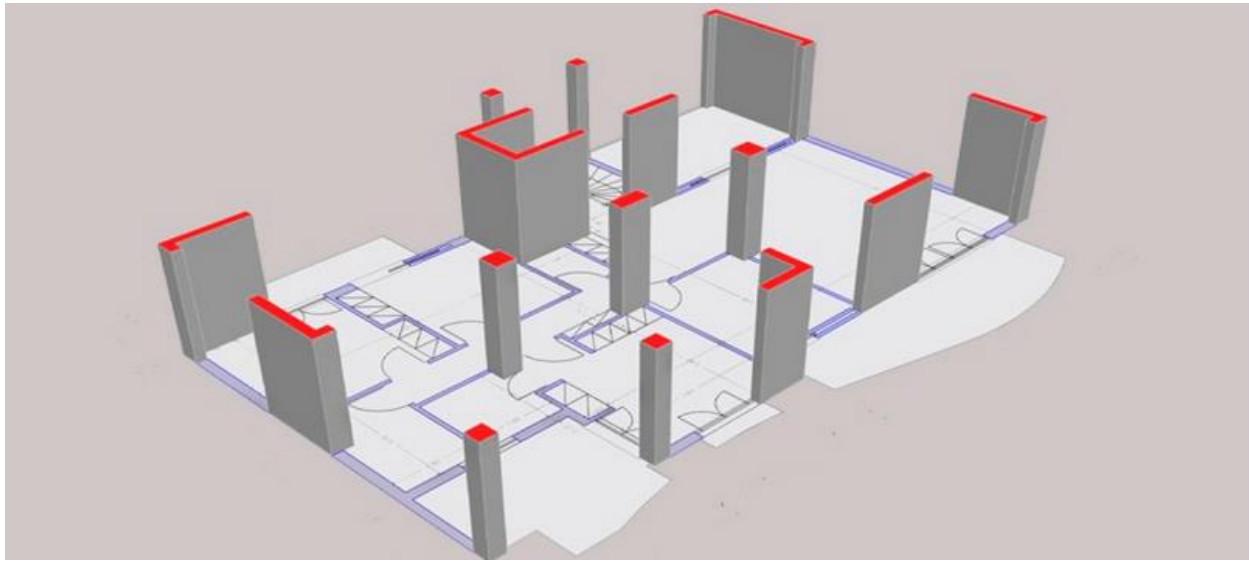


## چرا ساختمان‌های با دیوارهای برشی در نواحی لرزه‌ای ترجیح داده می‌شوند؟



یک ساختمان دیوار برشی چیست؟ ساختمان بتن مسلح (RC) غالباً علاوه بر دال‌ها، تیرها و ستون‌ها، دارای دیوارهای بتن مسلح قائم صفحه‌ای شکل (شکل ۱) هستند. این دیوارها عموماً در تراز سطح فونداسیون شروع شده و در سرتاسر ارتفاع ساختمان پیوسته می‌باشند. ضخامت آن‌ها می‌تواند به باریکی ۱۵۰ mm یا به بزرگی ۴۰۰ mm در ساختمان‌های بلند باشد. معمولاً دیوارهای برشی در هردو راستای طول و عرض ساختمان‌ها تدارک دیده می‌شوند (شکل ۱). دیوارهای برشی شبیه تیرهای پهن با جهت قائم می‌باشند که بارهای زلزله را تا فونداسیون به پایین حمل می‌کنند.

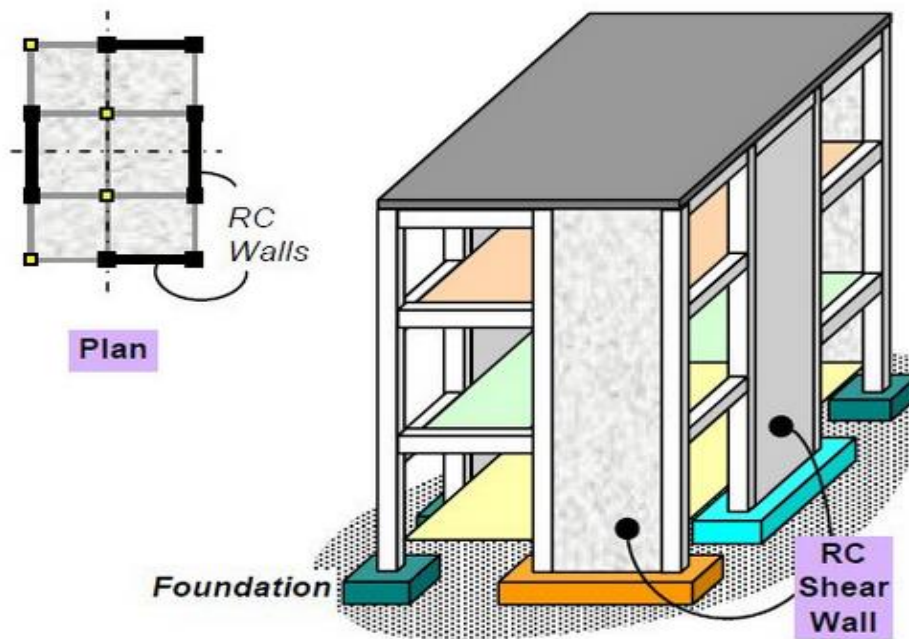


Figure 1: Reinforced concrete shear walls in buildings

## فواید دیوارهای برشی در ساختمان‌های بتن مسلح

ساختمان‌های با جزئیات مناسبی که با دیوارهای برشی طراحی شده‌اند عملکرد بسیار خوبی را در زلزله‌های گذشته نشان داده‌اند. موفقیت بزرگ ساختمان‌های دارای دیوار برشی در مقاومت در برابر زلزله‌های قوی در این نقل قول خلاصه می‌شود: «ما توانایی ساخت ساختمان‌های بتنی که در برابر زلزله‌های شدید بتواند مقاومت کند را بدون دیوار برشی نداریم»: مارک فینتل، یک مهندس مشاور برجسته در آمریکا.

دیوارهای برشی در نواحی با لرزه خیزی بالا نیاز به جزئیات ویژه‌ای دارند. با این حال، در زلزله‌های گذشته، حتی ساختمان‌های دارای تعداد کافی دیوار که به‌طور خاصی به‌منظور عملکرد لرزه‌ای طراحی نشده بودند (اما آرماتوربندی کافی که به‌خوبی توزیع شده بود، داشتند) از فروریزش نجات یافتند. ساختمان‌های دیوار برشی انتخابی پرترفدار در بسیاری از کشورهای در معرض زلزله مانند شیلی، نیوزلند و ایالات متحده‌ی آمریکا می‌باشند. دیوارهای برشی به‌آسانی ساخته می‌شوند چراکه جزئیات آرماتور گذاری دیوارها نسبتاً سراسر است بوده و لذا به‌آسانی در سایت مورد نظر اجرا می‌شوند. دیوارهای برشی در هردو زمینه‌ی هزینه‌ی ساخت و سودمندی آن‌ها در کمینه کردن آسیب زلزله در المان‌های سازه‌ای و غیر سازه‌ای (مانند پنجره‌های شیشه‌ای و محتویات ساختمان) تأثیر گذار می‌باشند.

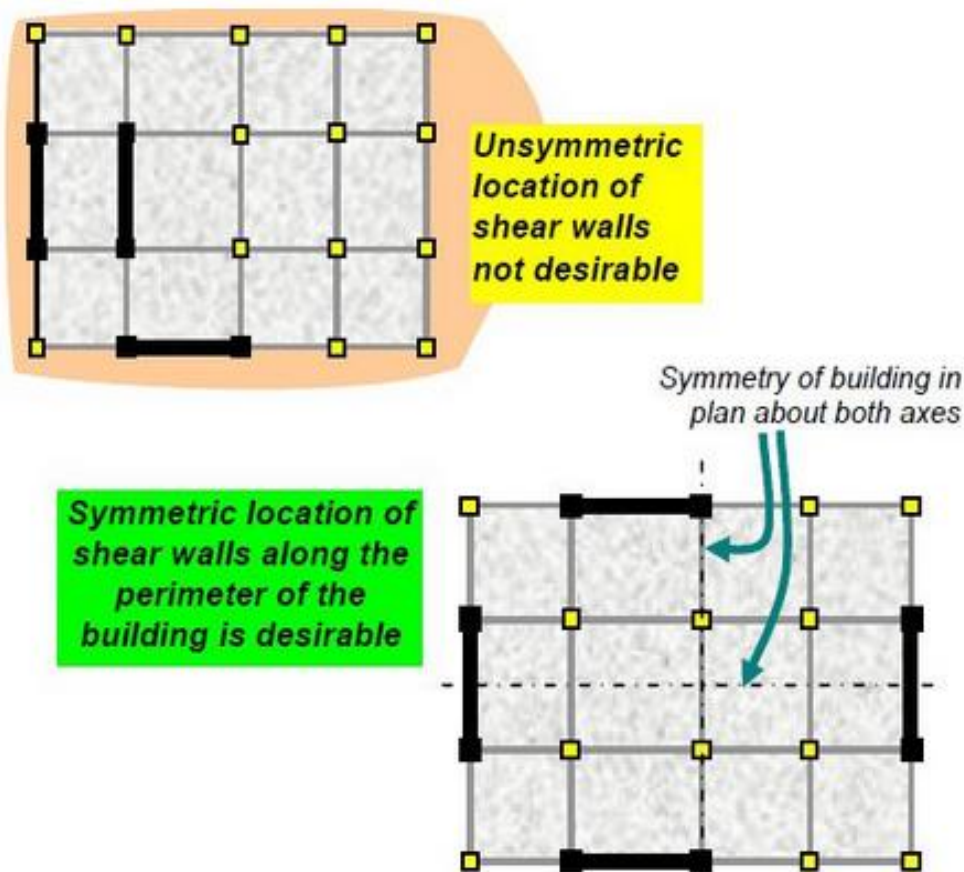
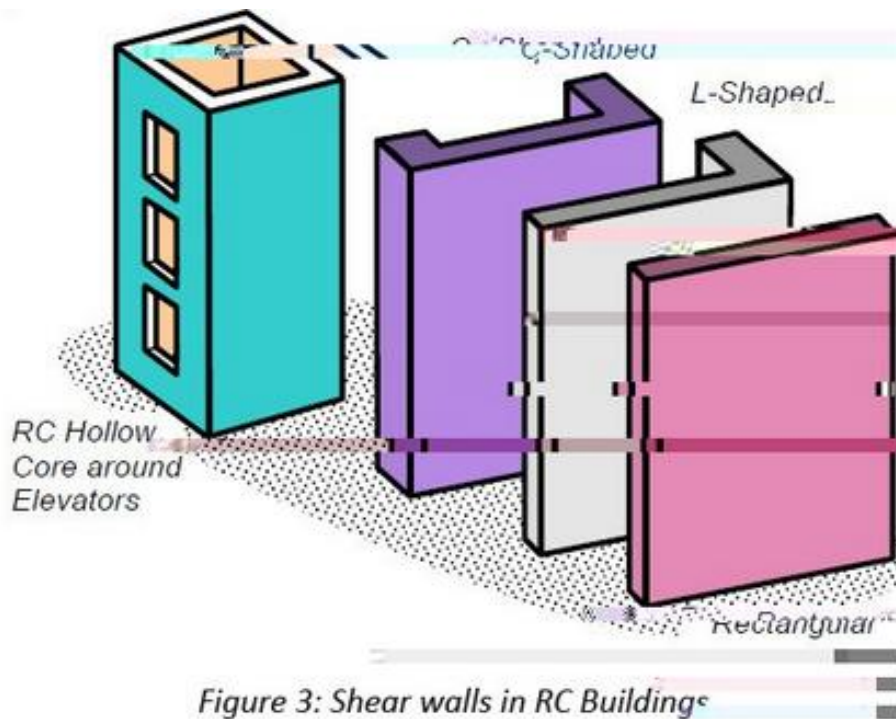


Figure 2: Shear walls must be symmetric in plan layout

## جنبه‌های مربوط به معماری دیوارهای برشی

بسیاری از ساختمان‌های بتن مسلح دارای دیوارهای برشی، ستون نیز دارند؛ این ستون‌ها عمدتاً بارهای ثقلی (بارهایی که به علت وزن سازه و محتویات ساختمان می‌باشند) را حمل می‌کنند. دیوارهای برشی مقاومت و سختی زیادی را در راستای خود برای ساختمان تأمین می‌کنند که به‌طور قابل توجهی حرکت جانبی ساختمان را کاهش داده و در نتیجه آسیب وارده به سازه و محتویات آن را کاهش می‌دهد. از آنجایی که دیوارهای برشی نیروهای زلزله‌ی افقی بزرگی را تحمل می‌کنند، اثرات واژگونی بر روی آن‌ها زیاد می‌باشد؛ بنابراین، طراحی فونداسیون آن‌ها نیاز به توجه ویژه‌ای دارد. دیوارهای برشی باید به‌طور مطلوبی در هر دو راستای طول و عرض تدارک دیده شوند؛ اما اگر آن‌ها تنها در طول یک جهت تدارک دیده شوند، شبکه‌ای مناسب از تیرها و ستون‌ها در صفحه‌ی عمودی (که قاب مقاوم خمشی نامیده می‌شود) در راستای جهت دیگری که در برابر اثرات زلزله شدید مقاومت می‌کند باید تدارک دیده شود.

بازشوهای در یا پنجره می‌تواند در دیوارهای برشی تدارک دیده شوند، اما اندازه‌ی آن‌ها باید کوچک باشد تا از کمترین مزاحمت برای جریان نیرو در سرتاسر دیوار اطمینان حاصل شود. علاوه بر این، بازشوها باید موقعیتی به‌صورت قرینه داشته باشند. کنترل‌های طراحی ویژه‌ای به جهت اطمینان از اینکه مساحت مقطع عرضی خالص یک دیوار در محل یک بازشو برای تحمل نیروی افقی زلزله کافی باشد، مورد نیاز است. دیوارهای برشی در ساختمان‌ها باید به‌صورت متقارن در پلان قرار داده شوند تا اثرات زیان بار پیچش در ساختمان‌ها را کاهش دهند (شکل ۲). این دیوارها می‌توانند به‌صورت متقارن در طول یک جهت و یا هر دو جهت در پلان قرار داده شوند. دیوارهای برشی زمانی که در طول محیط خارجی ساختمان قرار داده می‌شوند تأثیر بیشتری دارند- این گونه طرح‌ها مقاومت ساختمان در برابر پیچش را افزایش می‌دهد.



## طراحی شکل پذیر دیوارهای برشی

درست شبیه به تیرها و ستون‌های بتن مسلح (RC)، دیوارهای برشی بتن مسلح نیز در صورتی که شکل پذیر طراحی شوند، عملکرد بسیار بهتری دارند. نسبت‌های هندسی کلی دیوار، انواع و مقدار آرماتوربندی و اتصال با دیگر المان‌های موجود در ساختمان کمک به توسعه‌ی شکل پذیری دیوارها می‌کند.

## هندسه‌ی کلی دیوارها

دیوارهای برشی در مقطع عرضی به شکل مستطیل دراز هستند بدین معنی که یک ضلع از مقطع عرضی بسیار بزرگ‌تر از ضلع دیگر می‌باشد. مقطع عرضی مستطیلی رایج است اما مقاطع L و U شکل نیز استفاده می‌شود (شکل ۳). دیوارهای باریک هسته‌ی آسانسور ساختمان‌ها که به شکل شفت‌های توخالی می‌باشند نیز به‌عنوان دیوارهای برشی عمل می‌کنند و باید از مزیت مقاومت در برابر نیروهای زلزله بهره‌مند گردند.

## میلگردهای آرماتوربندی در دیوارهای بتن مسلح

میلگردهای مسلح فولادی باید در دیوارها به‌صورت شبکه‌هایی با فواصل منظم افقی و قائم تدارک دیده شوند (شکل ۴a). آرماتوربندی افقی و قائم در دیوار می‌تواند در یک یا دو لایه‌ی موازی که پرده نامیده می‌شوند، جایگذاری شوند. آرماتوربندی افقی باید در انتهای دیوارها مهار شود. مساحت حداقل فولاد آرماتوربندی که باید تدارک دیده شود  $0.0025$  برابر مساحت مقطع عرضی، در راستای هریک از جهات افقی و قائم می‌باشد. این آرماتور گذاری قائم باید به‌صورت یکنواخت در سرتاسر مقطع عرضی دیوار توزیع شود.

## المان‌های مرزی

تحت اثرات زیاد واژگونی که توسط نیروهای افقی زلزله ایجاد می‌شوند، لبه‌های دیوارهای برشی تنش‌های فشاری و کششی بالایی را تجربه می‌کنند. برای اطمینان از اینکه دیوارهای برشی به صورتی شکل پذیر رفتار می‌کنند، بتن موجود در نواحی انتهایی دیوار باید در الگویی ویژه که برگشت‌های بار را بدون از دست دادن مقاومت تحمل کند، مسلح شود (شکل ۴b). نواحی انتهایی یک دیوار با محصورشدگی افزایش یافته المان‌های مرزی نامیده می‌شوند. این آرماتور گذاری عرضی محصورکننده در المان‌های مرزی مشابه همین حالت آرماتور گذاری در ستون‌های قاب‌های بتن مسلح است (بخش ۱۹ زلزله IITK-BMTPC را مشاهده کنید). گاهی اوقات ضخامت دیوار برشی در این المان‌های مرزی نیز افزایش پیدا می‌کند. دیوارهای بتن مسلح با المان‌های مرزی به‌طور قابل توجهی مقاومت خمشی و ظرفیت تحمل بار برشی افقی بیشتری دارند و بنابراین نسبت به دیوارهای بدون المان‌های مرزی کمتر مستعد آسیب زلزله می‌باشند.

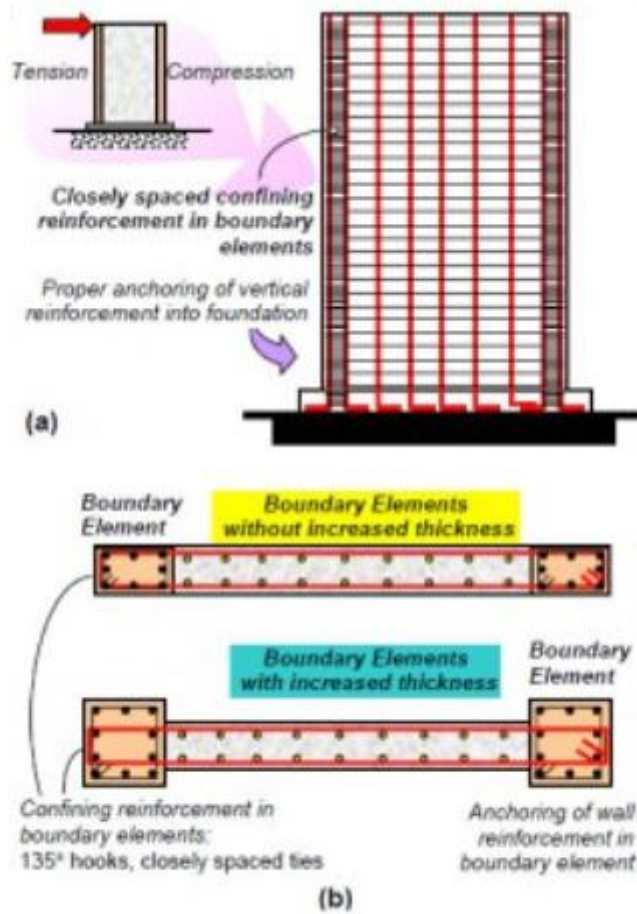


Figure 4: Layout of main reinf. in shear walls