

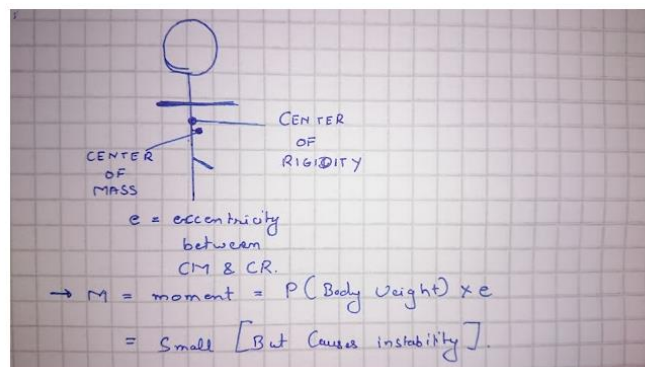
مهارهای بازویی در ساختمان‌های بلند

امروزه روند شهر نشینی بیش از هر زمان دیگر در حال افزایش بوده و ما به عنوان ساکنین شهرها مایل به حداقل پیمودن مسافت جهت رفتن به محل کار خود می‌باشیم. از این رو، تنها گزینه‌ی موجود، حضور افراد در محل‌هایی با مساحت کم تا حد ممکن و همچنین افزایش ارتفاع ساختمان است؛ اما بله هیچ کس مایل به زندگی در زیر زمین نیست؛ اما این صرفاً یک گزینه جهت انتخاب است.

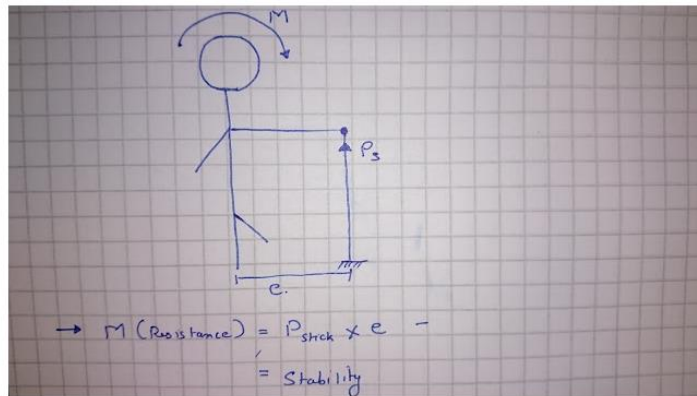
فرض کنید که شما ۱۰۰۰۰ فوت مربع زمین داشته و از شما خواسته شده است تا ساختمانی را طراحی کنید. در ابتدا یک ساختمان ۱۰ طبقه را طراحی کنید. شما این ساختمان را به طور نسبتاً ساده برای بارهای باد و زلزله طراحی کرده و ساختمان نیز نسبتاً منظم بوده به طوری که مرکز جرم و مرکز سختی آن بر یکدیگر منطبق می‌باشند. حال، از شما خواسته می‌شود تا ساختمان ۱۵ طبقه‌ای را طراحی کنید. شما قادر به طراحی این ساختمان جدید نیز هستید، اما نیروهای شما افزایش یافته و شما باید مقاومت بیشتری را تأمین کنید. هر چه قدر که ساختمان بلندتر شود، نیروی جانبی ساختمان و در نتیجه لنگرها نیز در ساختمان افزایش یافته و شما اثری تحت عنوان واژگونی را مشاهده خواهید کرد. در واقع دیواره هسته مرکزی دچار واژگونی می‌شود، زیرا نمی‌تواند در برابر چنین لنگرهایی مقاومت کند، چون بزرگی لنگرها در مقایسه با بارهای ثقیلی محوری قابل توجه بوده و در نتیجه واژگون می‌شود. این خبر چندان خوبی برای مهندسين نیست؛ اما ما به عنوان مهندس راهکارهای متعدد را در برابر مشکلات خواهیم داشت و در صورتی که برای ما راه حلی وجود نداشته باشد، راه حلی را خواهیم یافت. جهت غلبه بر مشکل واژگونی، ما از سیستمی تحت عنوان سیستم خرپای کمربندی (مهار بازویی) استفاده می‌کنیم که موجب کمک به کاهش واژگونی و دررفت (جابجایی جانبی) طبقات می‌گردد. اجازه دهید تا در این مورد مثال ساده‌ای را بیان کنم.

فرض کنید که شما بر روی یک پای خود ایستاده‌اید، چه قدر ماندن بر روی یک پا و حفظ تعادل دشوار است؟ زیرا برون محوری مرکز جرم بدن شما بر خلاف مرکز مقاومت بوده و این برون محوری کم موجب ایجاد ناپایداری و عدم تعادل شما می‌گردد. از سوی دیگر، شما همچنان بر روی یک پا با قرار دادن دست خود به دیوار ایستاده و یا از یک عصا در دست دیگر خود استفاده کرده و آن را بر روی زمین قرار می‌دهید. ابتدا این موضوع را امتحان کرده و سپس ادامه مطلب را مطالعه کنید.

شما در این حالت تعادل بسیار خوبی داشته و حتی در صورتی که شخصی شما را هل دهد، شما به زمین نیفتاده و یا واژگون نمی‌شوید. این اتفاق چگونه رخ می‌دهد؟ به تصویر زیر نگاه کنید:



شکل ۱. برون محوری بین مرکز سختی (مرکز مقاومت) و مرکز جرم موجب ایجاد یک لنگر نامتعادل می‌گردد که این لنگر موجب بروز ناپایداری در بدن شما شده و به تعادل در آوردن آن دشوار خواهد بود.

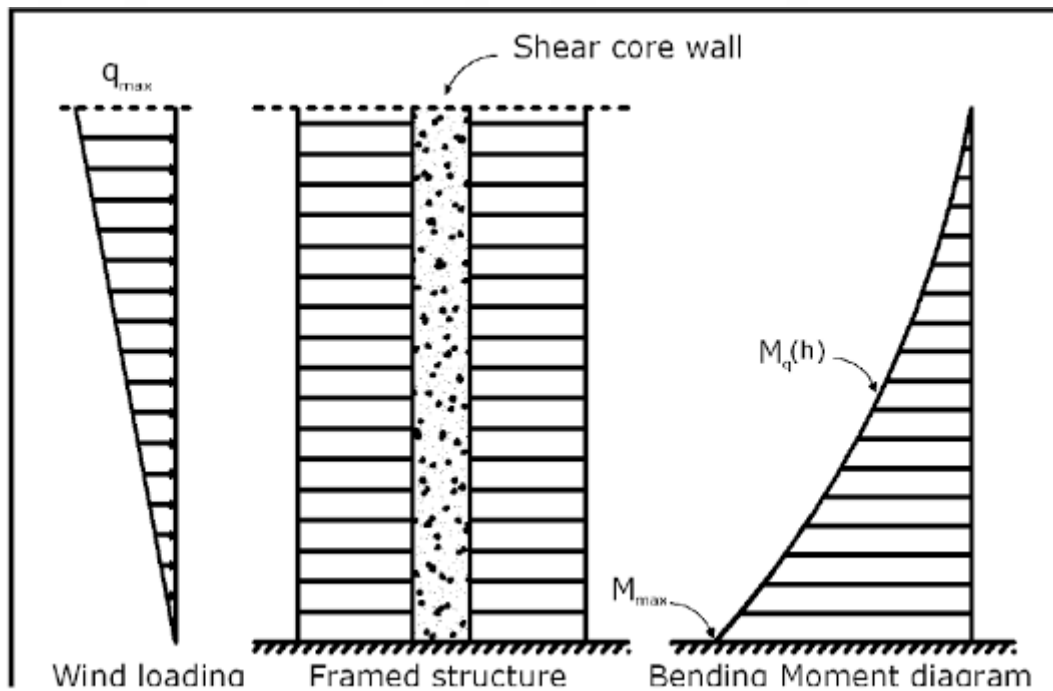


شکل ۲. هنگامی که شما از یکی از بازوهای خود استفاده کرده و به یک عصا تکیه می‌کنید، شما یک لنگر مقاوم خارجی را جهت تعادل خود مطابق تصویر ایجاد می‌کنید.

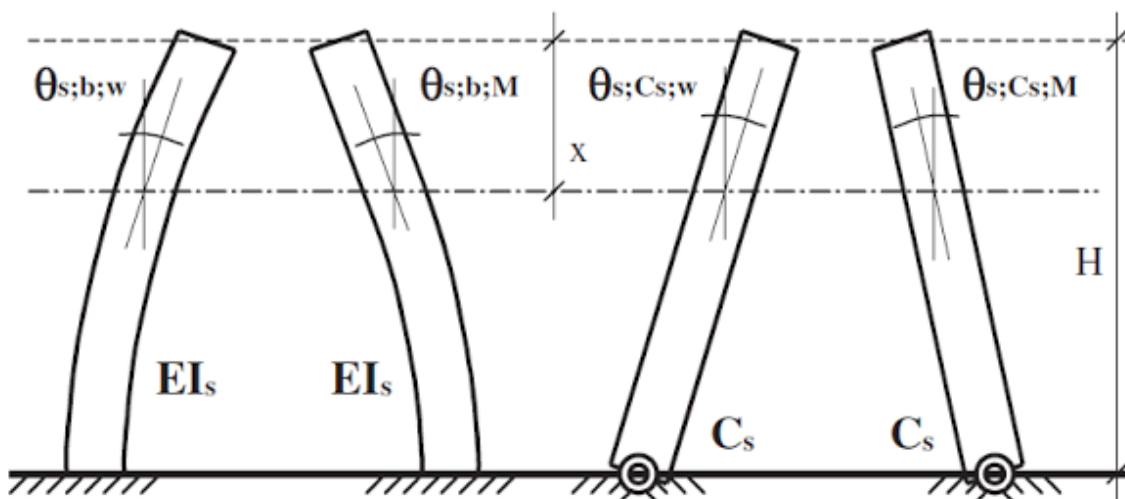


تصویر ۳. بسیاری از قایق‌های کوچک و لاغر دارای سیستم مهار بازویی مشابه می‌باشند که موجب پایدار ماندن آن‌ها حتی در صورت وجود لنگرهای واژگونی بزرگ ناشی از حرکت شخص می‌شود.

حال در صورتی که ساختمان باریک باشد، به ویژه در مورد ساختمان‌های دیوار برشی، دیوار هسته ساختمان شما به طور معمول در مرکز قرار گرفته و لنگرهای واژگونی بسیار بزرگی را ناشی از اعمال باد یا زلزله تحمل کرده و مانند تصویر اولی که من در مورد شخصی که بر روی یک پا بدون هیچ تکیه گاهی ایستاده است نشان دادم، عمل می‌کند. در واقع این سازه حساس و ناپایدار است. تصویر نشان داده شده در زیر نشان دهنده مقدار نیروهایی است که یک دیوار برشی در برابر آن‌ها مقاومت کرده و همچنین نشان دهنده رفتار دیوار برشی تحت این نیروهای بزرگ است.



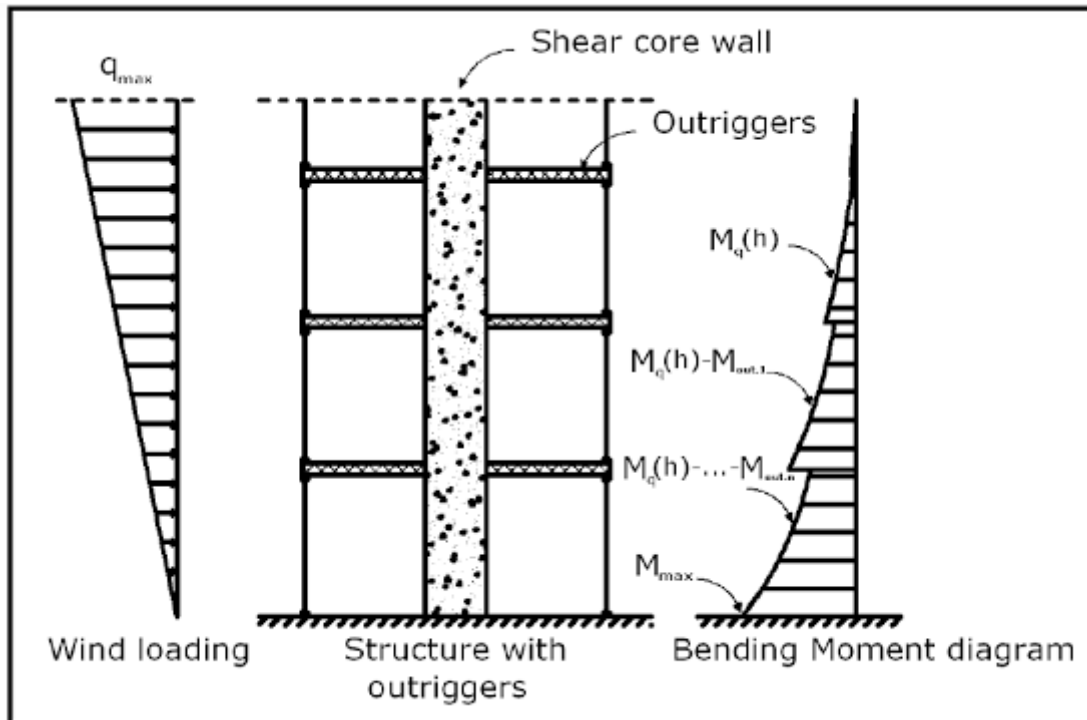
شکل ۴. سازه با قاب و هسته برشی تحت اثر بارگذاری باد (سمت چپ) و دیاگرام لنگر خمشی هسته بتنی (سمت راست)



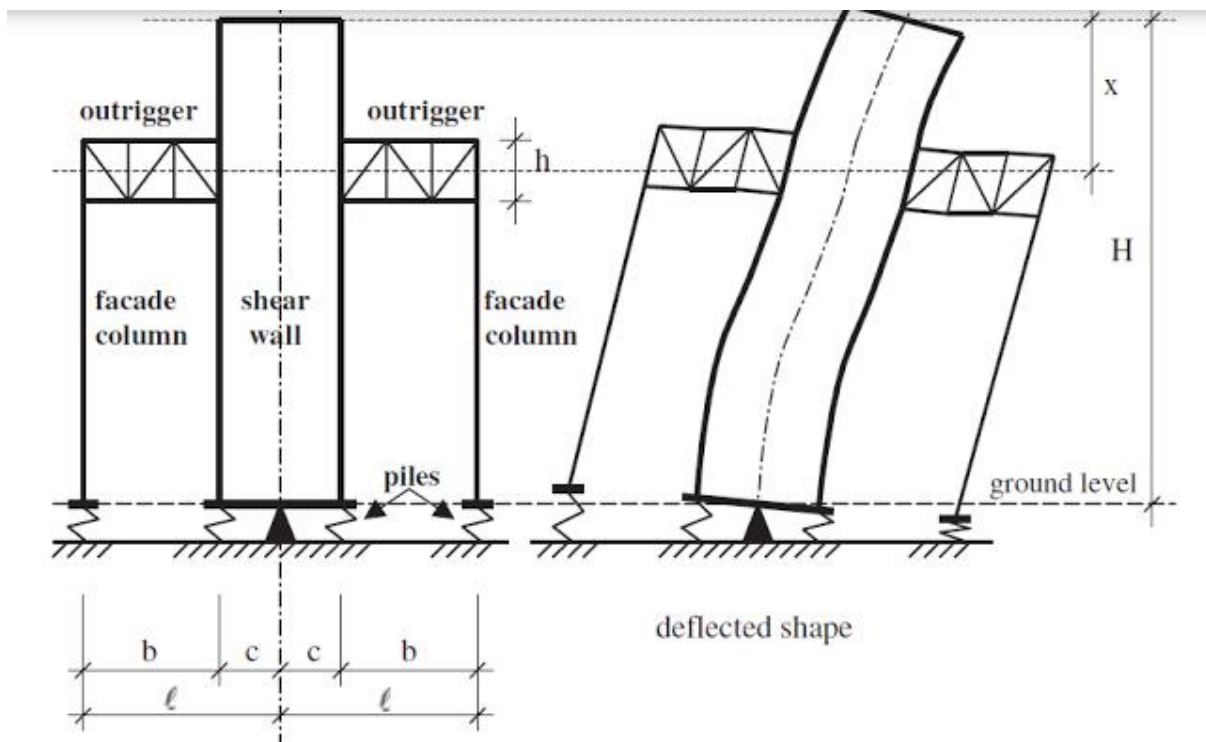
شکل ۵. دوران دیوار برشی

شما به وضوح می‌توانید مشکلات مرتبط با ساختمان‌های لاغر و بلند را هنگام اعمال لنگرهای واژگونی مشاهده کنید. تغییر شکل به طور مستقیم متناسب با نیروی اعمالی بوده و از سویی تغییر شکل نیز به طور مستقیم متناسب با ارتفاع ساختمان و نیرو نیز متناسب با ارتفاع ساختمان است؛ بنابراین، افزایش تغییر شکل به معنای افزایش تغییر مکان‌های بین طبقات و اثرات پی-دلتا خواهد بود. کلیه این موارد موجب ایجاد تحلیلی پیچیده شده و ما نیز مجبور به افزایش سختی هسته جهت مقاومت در برابر تغییر شکل‌ها و واژگونی خواهیم بود. این فرآیند مقرون به صرفه نخواهد بود. امروزه، کلیه ساختمان‌های بلند حتی برج‌های شانگهای دارای دیوارهای برشی بوده و نیروهای اعمالی بر روی این ساختمان‌ها بسیار بزرگ می‌باشند.

از این رو به منظور کنترل کردن این نیروها، کلیه ساختمان‌ها دارای مهارهای بازویی واقع بر طبقات یک، دو و سه می‌باشند. تصویر زیر نشان دهنده مزیت قابل توجه استفاده از یک مهار بازویی و کمک آن در کاهش ضخامت دیوار هسته است.



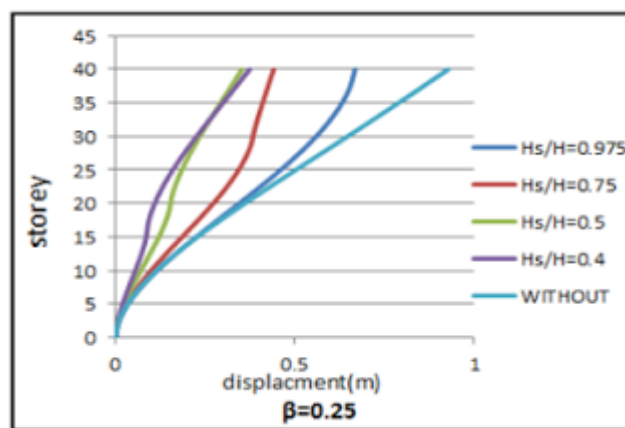
شکل ۰۶. سازه‌ای با مهارهای بازویی تحت اثر بارگذاری باد (سمت چپ) و دیاگرام لنگر خمشی هسته بتنی (سمت راست)



شکل ۰۷. دیوار برشی با خرپاهای کمربندی (مهارهای بازویی)

در قسمت قبل به بحث در مورد تعریف مهار بازویی پرداختیم، اما آیا می‌دانید که در صورت استفاده از آن، این عضو به عنوان یکی از بحرانی‌ترین عناصر در ساختمان عمل می‌کند؟ در صورت لزوم به استفاده از مهارهای بازویی، آن‌ها جهت اطمینان در مورد عدم شکست به دقت مورد تحلیل قرار می‌گیرند. آن‌ها به نوعی تکیه گاه سیستم دیوار برشی می‌باشند که این موضوع موجب کنترل بهتر نیروها می‌شود. در صورتی که آن‌ها به اندازه کافی سخت نباشند، کارایی چندانی نخواهند داشت. مشاهده می‌کنید در صورتی که تیر متصل کننده دیوار برشی به ستون خارجی انعطاف پذیر باشد، حتی اگر دیوار برشی نیز دچار تغییر شکل شود، در امتداد دیوار به جای انتقال نیروها به ستون‌ها تغییر شکل رخ می‌دهد؛ بنابراین هنگامی که شما یک مهار بازویی را در یک ساختمان مشاهده می‌کنید، این عضو معمولاً دارای دهانه‌ای به اندازه یک یا دو طبقه جهت ایجاد آن اثر است.

حال اطلاعاتی را در مورد استفاده از مهارهای بازویی در کاهش دررفت ساختمان‌ها ارائه می‌کنم.



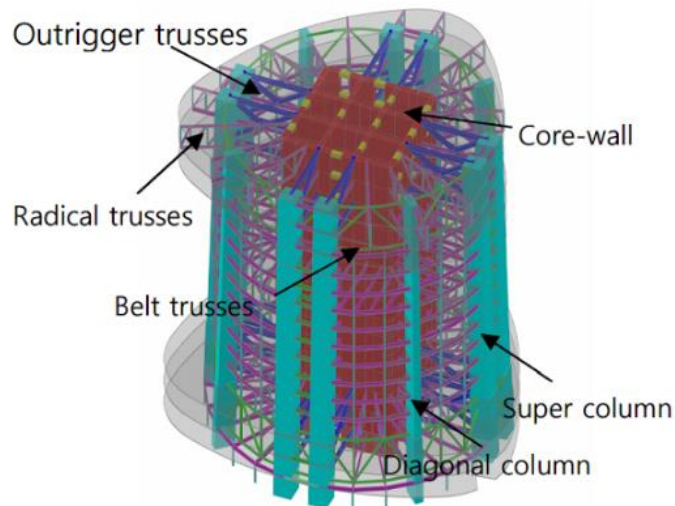
شکل ۸. تغییرات تغییر مکان‌های جانبی برای بارهای استاتیکی زلزله

بنابراین همان طور که مشاهده می‌کنید، استفاده از مهارهای بازویی نه تنها موجب کاهش دررفت در ساختمان‌ها شده، بلکه موجب کمک به کاهش سختی هسته برشی می‌گردد. از این رو این سیستم‌ها دارای دو مزیت می‌باشند.

این سیستم در هزاران ساختمان مورد استفاده قرار گرفته که من دو مورد را در این قسمت بیان می‌کنم:

۱- برج شانگهای

برج شانگهای به عنوان یکی از بلندترین ساختمان‌های دنیا با ارتفاع بیش از ۶۰۰ متر محسوب می‌شود که اخیراً احداث شده است. این سازه دارای یک سیستم سازه‌ای با نام سیستم ابر قاب می‌باشد که دارای ۸ ستون بسیار بزرگ در محیط خود و هسته در مرکز است. این سیستم از مهارهای بازویی جهت توزیع نیروها به این ۸ ابر ستون استفاده می‌کند، به نحوی که ساختمان می‌تواند از ایجاد کوپل T-C در ستون‌ها بهره‌بردار. سیستم مهار بازویی و هسته در تصویر زیر نشان داده شده‌اند.



تصویر ۹. مهار بازویی برج شانگهای، دیوار هسته و سیستم ابر قاب

سیستم ارائه شده در ساختمان قابل توجه بوده و نشان دهنده تحلیل دقیق ساختمان برای بارهای جانبی است. این مدل، هر عضو مانند هسته شبکه بندی شده، تیرهای همبند، خرپاهای کمربندی، ابر ستون‌ها و دیوارهای کمربندی را مانند یک شیء کوچک نشان می‌دهد.



تصویر ۱۰. از چپ به راست. مرکز تجارت جهانی شانگهای، برج جین مائو و برج شانگهای

تایپه ۱۰۱ به عنوان یک ساختمان بلند به ارتفاع ۵۰۰ متر و یکی از امن ترین مکان ها در تایوان شناخته می شود. این ساختمان دارای یک میراگر جرمی تنظیم شونده در قسمت فوقانی خود بوده و دارای خرپاهای کمربندی و ابر ستون ها جهت مقاومت در برابر اثرات واژگونی است. علت استفاده از این سیستم، کاهش نیروها و کنترل دررفت ها است.



در صورتی که قصد دارید تا مطالعه بیشتری در مورد مهارهای بازویی داشته باشید، به کتاب های CTBUH و ساختمان های بلند تارانان مراجعه کنید. این مراجع نگاه و نگرش بسیار خوبی را در مورد سیستم مهارهای بازویی به شما ارائه خواهند کرد.

مترجم: امیر رضا بخشی

منبع:

<http://www.thestructuralmadness.com/۲۰۱۵/۱۰/outriggers-in-tall-buildings.html>