

تاریخچه مهاربند کمانش تاب (BRB)

ایده اولیه و فناوری مهاربند کمانش تاب برای اولین بار توسط مهندس ژاپنی به نام واکابایاشی در دهه ۱۹۸۰ در انستیتوی فناوری توکیو موردبررسی و آزمایش قرار گرفت. در دهه ۹۰ این فناوری در ژاپن اجرا شد و به دلیل پاسخ رضایت بخش آن، در سال ۱۹۹۸ به امریکا منتقل شده و آزمایش شبیه سازی آن در سال ۱۹۹۹ انجام گرفت. در سال ۲۰۰۰، اولین سیستم مهاربند کمانش تاب در آمریکای شمالی به عنوان یک سیستم مقاوم جانبی اولیه مورد استفاده قرار گرفت. به دنبال آن ضمن به کارگیری این نوع مهاربند در تعدادی از ساختمان های بزرگ بعضی از کشورها، تحقیقات گسترده ای نیز در این زمینه صورت گرفت.

در دهه ۱۹۸۰ نسل اول مهاربند کمانش تاب (مقاوم در برابر کمانش) که در آن یک محفظه پر شده از بتن مانع کمانش عضو باربر مهاربند می شد، توسط ژاپنی ها به جامعه مهندسی و کاربران معرفی شد. به دلیل ویژگی هایی چون عملکرد متقارن در کشش و فشار، شکل پذیری و توان بالا در اتلاف انرژی، مهاربند معرفی شده مورد استقبال طراحان قرار گرفت. با این وجود به دلیل مشکلاتی نظیر سنگین بودن ناشی از وزن بتن تازه، گران بودن ناشی از هزینه های اجرایی و حجیم و بزرگ بودن، کمتر مورد استقبال کاربران قرار گرفت. مشکلات مذکور منجر به معرفی نسل دوم از مهاربندهای کمانش تاب با عنوان مهاربند کمانش تاب تمام فولادی به کاربران شد. در نسل جدید چند پروفیل فولادی (مانند نبشی، ناودانی و ...)، جایگزین محفظه پر شده از بتن شد.

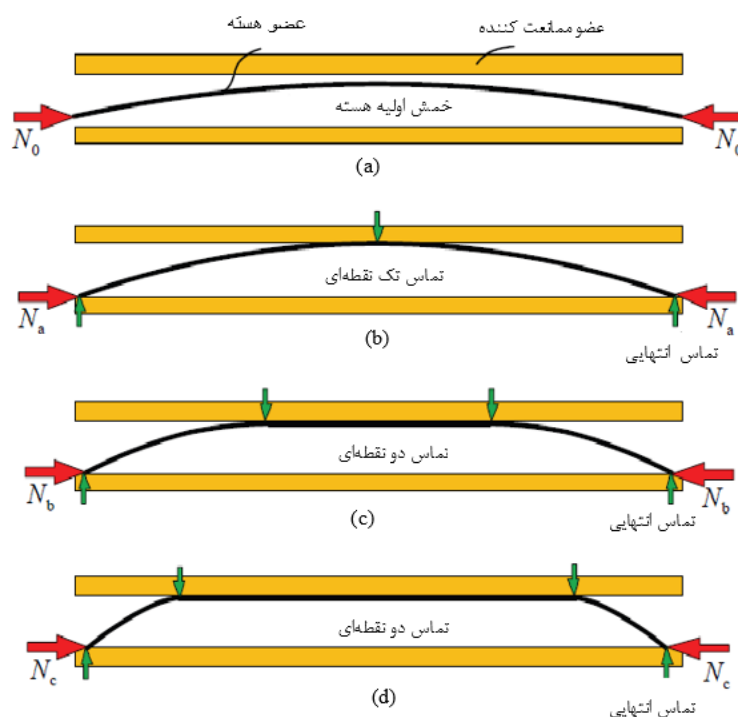
فلسفه رفتاری مهاربند کمانش تاب

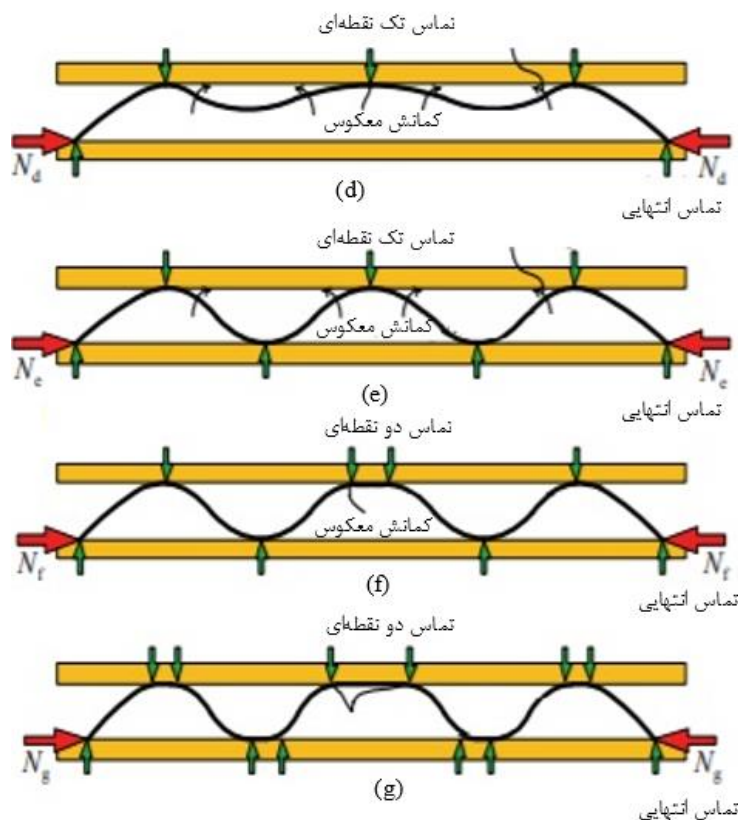
مهاربند کمانش تاب (کمانش ناپذیر)، مهاربندی است که در برابر کمانش، تاب آوری داشته باشد. تاب آوری مهاربند کمانش تاب به معنی جلوگیری از کمانش نیست، بلکه به معنی کنترل کردن کمانش هست. همان طور که می دانید، بزرگترین

ضعف المان‌های فولادی، ضعف در فشار است. به عبارت دیگر، رفتار فولاد در کشش و فشار متقارن نیست. تحت کشش عملکرد شگفت‌انگیزی دارد. اما تحت فشار، قبل اینکه به حد تسلیم برسد، کمانش می‌کند. مهاربند کمانش تاب به دنبال رفع این مشکل و برقراری تعادل و تقارن در رفتار کششی - فشاری است.

برای درک بهتر رفتار مهاربند کمانش تاب، یک خط کش فلزی را تصور کنید. دستان خود را دو طرف آن قرار دهید و به آرامی فشار دهید تا کمانش کند. همان‌طور که مشاهده می‌کنید خط کش فلزی از وسط کمانش می‌کند. حال وسط خط کش را به کمک یک دست دیگر مهار کنید. مجدداً خط کش را تحت فشار قرار دهید. چه اتفاقی رخ می‌دهد؟ نیروی بسیار بیشتری برای کمانش خط کش نیاز است. در واقع خط کش به دو قسمت تقسیم می‌شود. حال نیروی لازم برای کمانش ۴ برابر می‌شود. اگر طول خط کش به ۳ قسمت تقسیم شود چطور؟ ۹ برابر! اگر در ۱۰ نقطه از طول خط کش مانع از کمانش شویم چه اتفاق شگفت‌انگیزی رخ خواهد داد؟

برای درک بهتر، عکس‌های زیر را دنبال کنید:



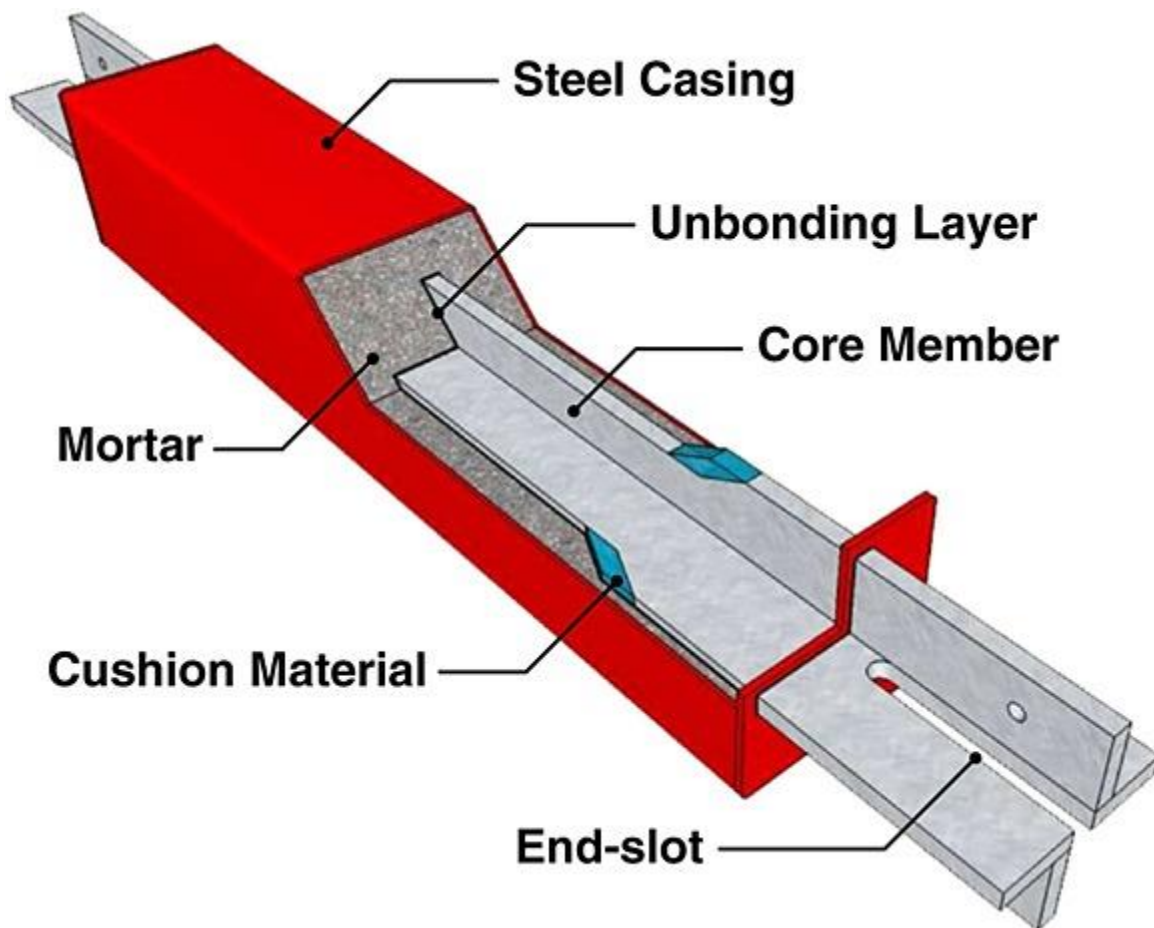


حال این سوال به وجود می‌آید که این مهاربند با این قدرت، در چه صورتی کاربرد خود را از دست می‌دهد. در بخش کاربردهای BRB به این مهم خواهیم پرداخت.

اجزای تشکیل دهنده مهاربند کمانش ناپذیر (BRB)

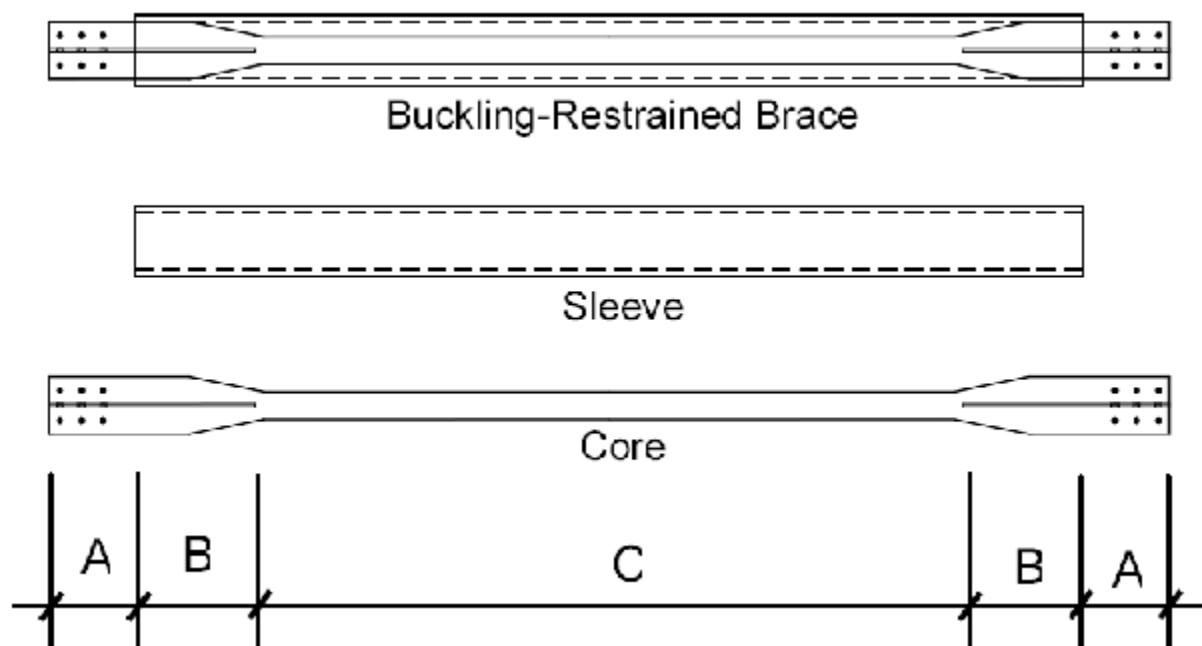
به طور کلی، مهاربند کمانش تاب از پنج جز زیر تشکیل شده است:

- هسته
- غلاف
- ناحیه انتقالی
- ناحیه اتصال
- چسب جداکننده



هسته

هسته (core) در واقع بخش تسلیم‌شونده مهاربند کمانش تاب است. این بخش، نیروی محوری اصلی ایجاد شده در مهاربند را تحمل می‌کند. سطح مقطع هسته، به طور کنترل شده‌ای ضعیف‌تر طراحی می‌شود تا این بخش جاری شود. هدف از جاری شدن هسته، جذب انرژی است. هسته پس از جاری شدن، مقدار زیادی از انرژی را جذب و اتلاف می‌کند. این پدیده سبب می‌شود تا سایر اجزای سازه در امان بمانند. به نوعی هسته خود را فدا می‌کند تا سایر اجزا در امان بمانند. به همین علت مهاربند کمانش تاب نقش فیوز در سازه را ایفا می‌کند.



غلاف

غلاف در مهاربند کمانش ناپذیر، همان نقش دست شما در نگه داشتن خط کش را ایفا می‌کند. کنترل کمانش!

غلاف بتنی (فولادی) مثل یک سد محکم، کمانش هسته را کنترل می‌کند. هرگاه هسته در فشار قرار گیرد؛ رخداد کمانش آن را تهدید می‌کند. اما هسته بعد از تکیه بر غلاف، نمی‌تواند به طور کلی کمانش کند. نکته قابل توجه در مورد غلاف این است که گاهی اوقات تا ۸ برابر نیروی محوری ایجاد شده در هسته را متحمل می‌شود.

ناحیه انتقالی

بخش انتقالی در دو انتهای بخش تسلیم شونده قرار می‌گیرد و سطح مقطع آن بزرگ‌تر از سطح مقطع هسته است تا اطمینان حاصل شود که در طول دوره بارگذاری پاسخ آن در محدوده الاستیک باقی می‌ماند. ناحیه (B) در شکل بالا

ناحیه اتصال

بخش اتصال‌دهنده که در ادامه بخش انتقالی دو انتهای مهاربند قرار دارد از مجموعه ورق‌های متقاطع صلیبی‌شکل با ظرفیت باربری بالا تشکیل شده و مهاربند را به‌صورت مفصلی از طریق جوش یا پیچ و مهره به قاب متصل می‌نماید. ناحیه (A) در شکل بالا

چسب جداکننده

برخی از مهندسين، بر این باورند که مهاربند کمانش تاب در واقع مانع رخداد کمانش می‌شود. در حالی که اینطور نیست. سیستم عملکردی BRB، کمانش را کنترل می‌کند، نه اینکه مانع رخداد آن شود. یکی از نقش‌های چسب جداکننده در نسل اول مهاربندهای کمانش ناپذیر، ایجاد فاصله‌ای برای رخداد کمانش‌های جزئی است. چسب جداکننده فاصله‌ای بین هسته و غلاف ایجاد می‌کند تا هسته بتواند کمانش جزئی داشته باشد.

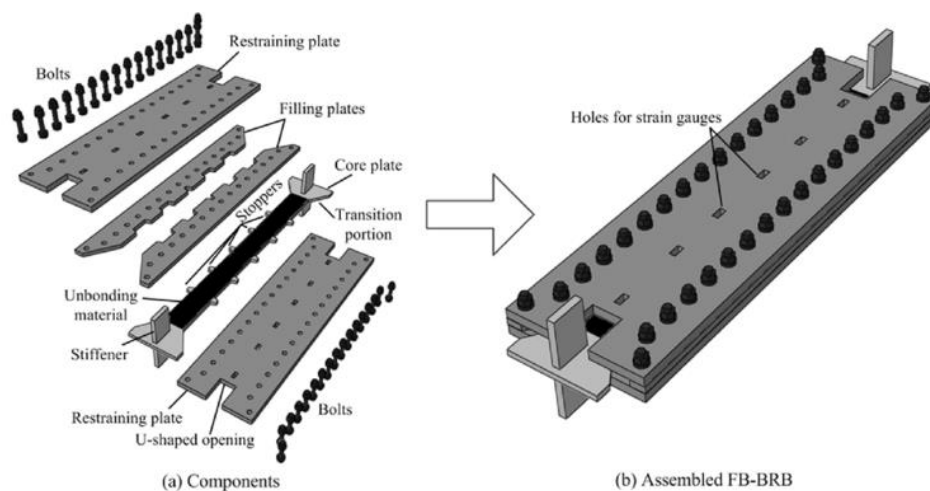
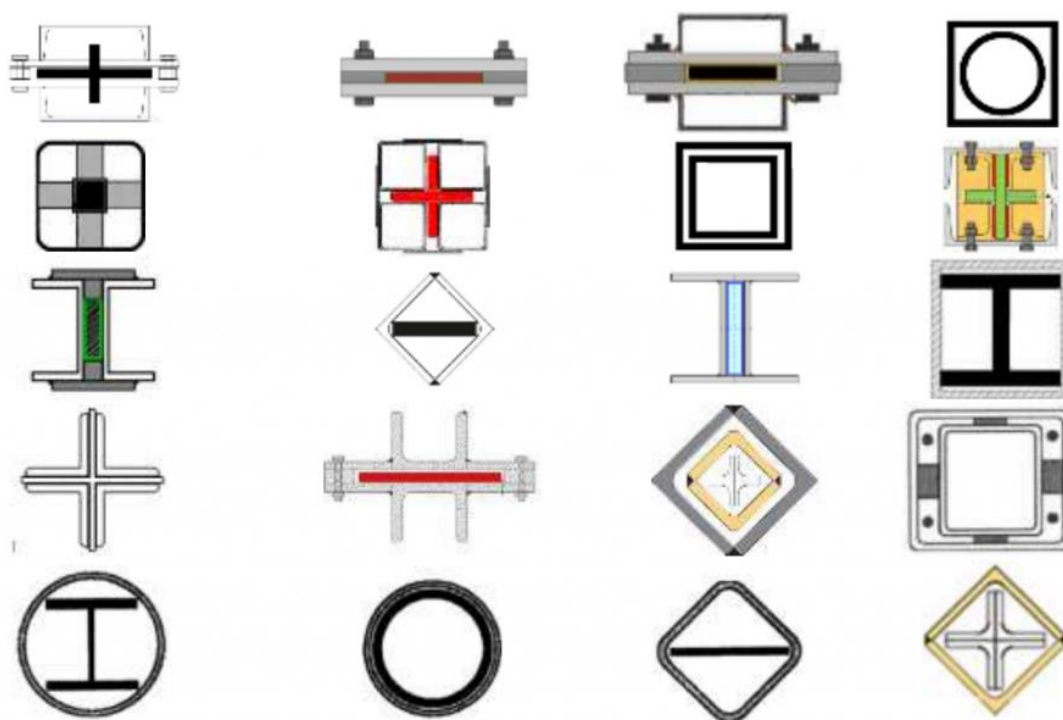
نقش دوم چسب جدا کننده، جداکردن عملکرد هسته از غلاف است. هسته و غلاف به هیچ‌وجه نباید با یکدیگر عمل کنند. چون اگر با یکدیگر درگیر باشند، نیروهای ایجاد شده در هسته به غلاف منتقل می‌شود. در این صورت هسته تسلیم نمی‌شود و این اتفاق، عملکرد مهاربند کمانش تاب را زیر سوال می‌برد.

در شکل بالا چسب جداکننده یا همان ماده نچسب، با عنوان unbonding layer مشخص شده است.

انواع سطح مقطع مهاربند کمانش تاب (BRB)

مشخصات و اجزایی که گفته شد، مربوط به نسل اول مهاربند کمانش تاب است. این نوع از انواع مهاربندهای کمانش تاب، با این‌که عملکرد خوبی داشتند، اما به

دلیل وزن زیاد بتن تازه و دشواری‌های اجرایی، تقریباً از مدار خارج شده‌اند. به همین دلیل دانشمندان و محققین صنعت ساختمان، به فکر طراحی مهاربندهای کمانش تاب با سطح مقطع سبک‌تر افتادند. در زیر، عکس تعدادی از این مقاطع را مشاهده می‌کنید.



تحت چه شرایطی یک مهاربند، کمانش تاب است؟

سوال اساسی این است که اگر هر مقطعی با مشخصات مشابه بسازیم، می‌توانیم آن را BRB بنامیم؟ اگر هرکسی مقطعی را طراحی کند می‌تواند ادعا کند که این مقطع در برابر کمانش، تاب آوری دارد و می‌توان ضریب رفتار مهاربندهای کمانش تاب را برای آن در نظر گرفت؟

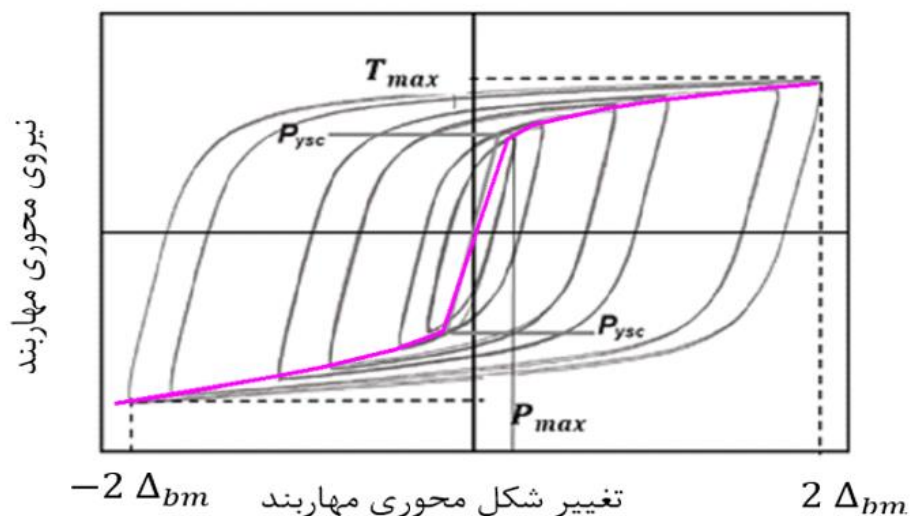
برای اینکه یک مهاربند، کمانش تاب (BRB) تلقی شود باید ۳ شرط اصلی را ارضا کند:

–ضریب تعدیل مقاومت فشاری

یکی از اصول طراحی مهاربند کمانش‌تاب، عملکرد متقارن آن تحت بارهای کششی و فشاری است. عملکرد متقارن مهاربند کمانش‌تاب بر اساس چرخه‌های نیرو – جابه‌جایی تعیین می‌شود. به این منظور آیین‌نامه AISC شاخص ضریب تعدیل مقاومت فشاری بتا (B) را برای این اعضا تعریف می‌نماید. مقدار B (بتا) از تقسیم بیشترین بار تحمل شده فشاری (P_{max}) به بیشترین بار تحمل شده کششی (T_{max}) طبق رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$\beta = \frac{P_{max}}{T_{max}}$$

مشخصات عوامل مؤثر بر مقدار B در شکل زیر نشان داده شده است.



منحنی چرخه های بارگذاری
منحنی پوش چرخه های بارگذاری

در این شکل Dbm ، تغییر مکان (محوری) معادل با تغییر مکان نسبی طبقه (دریفت) است که در طراحی مهاربند نباید کمتر از ۱٪ طول آن در نظر گرفته شود. این شاخص که در شناخت رفتار مهاربند نقش مهمی دارد بیانگر ظرفیت فشاری نسبت به ظرفیت کششی مهاربند است. ظرفیت فشاری مهاربند کمانش تاب باید حداقل ۱.۰۵ و حداکثر ۱.۱۵ برابر ظرفیت کششی آن باشد. به بیان دیگر این نوع مهاربند در فشار باید قادر باشد (بدون آسیب دیدگی) باری بیشتر از ظرفیت کششی مقطع را تحمل نماید .

—ضریب تعدیل سخت شوندگی کرنشی

ضریب تعدیل سخت شوندگی کرنشی از تقسیم بار نهایی کششی T_{max} به بار متناظر با نقطه تسلیم عضو هسته P_{ysc} به دست می آید یعنی:

$$\omega = \frac{T_{max}}{P_{y_{sc}}}$$

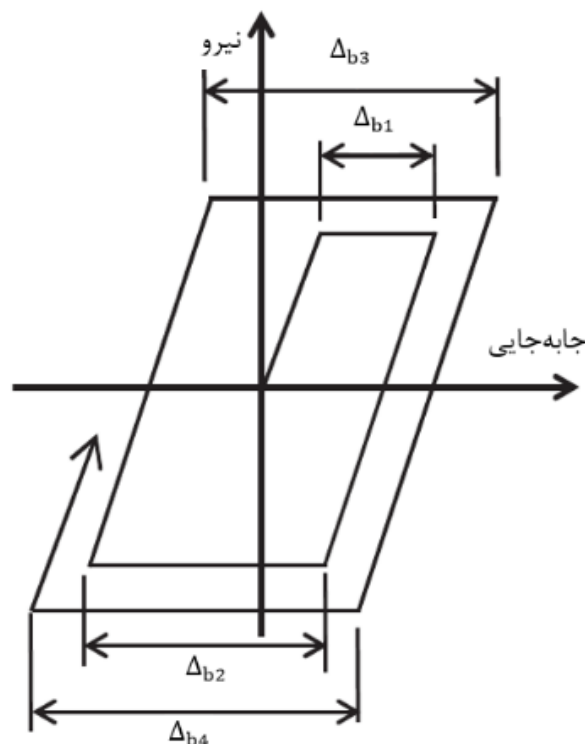
آیین‌نامه AISC مقدار w را در بازه ۱.۳ تا ۱.۵ تعیین می‌نماید. این شاخص بیانگر ویژگی سخت‌شوندگی عضو هسته بعد از تسلیم‌شدگی کششی است. به عبارت دیگر عضو هسته باید قادر باشد بعد از تسلیم دارای سختی مثبت و مقاومت افزایشی بوده و دچار زوال در تحمل بار نشود. مشخصات دخیل در محاسبات w از روی منحنی پوش هیستریزیس به دست می‌آید.

—شکل‌پذیری غیر ارتجاعی تجمعی: (CID)

شکل‌پذیری غیر ارتجاعی تجمعی که به آن ظرفیت تغییر شکل محوری غیر ارتجاعی تجمعی نیز گفته می‌شود از شاخصه‌های مهم این نوع مهاربند بوده و بیانگر توان تجمعی انرژی تلف‌شده ناشی از چرخه‌های کامل بارگذاری روی مهاربند است. این شاخص از تقسیم مجموع جابه‌جایی‌های غیر ارتجاعی مسیرهای رفت و برگشت چرخه‌های بارگذاری در حالت کشش و فشار (D_{bi})، بر جابه‌جایی نظیر تسلیم نمونه (D_{by}) به دست می‌آید. یعنی:

$$CID = \frac{\sum_i 2 (\Delta_b)_i}{\Delta_{by}}$$

در رابطه‌ی اخیر شاخص‌های i و Dbi به ترتیب به‌عنوان شماره چرخه‌ی بارگذاری و جابه‌جایی اعمالی در چرخه‌ی i ام است.



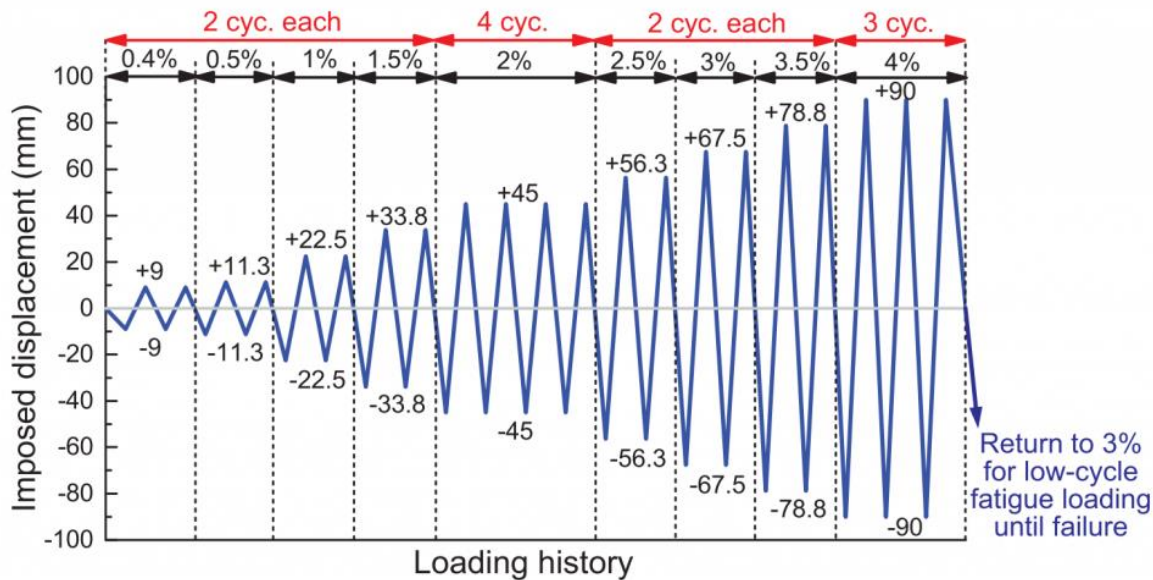
در جدول زیر مثالی از محاسبه‌ی ظرفیت شکل‌پذیری محوری غیر ارتجاعی تجمعی آورده شده است. در این مثال، مقدار تغییر مکان محوری طراحی (Dbm) چهار برابر تغییر مکان تسلیم (Dy) فرض شده است. همان‌گونه که در این مثال مشاهده می‌شود مقدار شکل‌پذیری تجمعی تا بارگذاری ۲ Dbm به مقدار شکل‌پذیری تجمعی موردنیاز، ۲۰۰ (Dbm) نرسیده است، لذا بارگذاری با دامنه افزایش ۱.۵ Dbm تا رسیدن به این مقدار ادامه داده شده است.

تعداد چرخه‌ها	جاب‌جایی اعمالی (Δ_b)	جاب‌جایی غیر ارتجاعی	جاب‌جایی غیر ارتجاعی تجمعی
$2 @ \Delta_{by}$		$= 2 \times 4 \times (\Delta_{by} - \Delta_{by}) = 0\Delta_{by}$	$0\Delta_{by} = 0\Delta_{by}$
$2 @ \frac{1}{2} \Delta_{bm}$	$= 4 @ 2\Delta_{by}$	$= 2 \times 4 \times (2\Delta_{by} - \Delta_{by}) = 8\Delta_{by}$	$0\Delta_{by} + 8\Delta_{by} = 8\Delta_{by}$
$2 @ \Delta_{bm}$	$= 4 @ 4\Delta_{by}$	$= 2 \times 4 \times (4\Delta_{by} - \Delta_{by}) = 24\Delta_{by}$	$8\Delta_{by} + 24\Delta_{by} = 32\Delta_{by}$
$2 @ 1\frac{1}{2} \Delta_{bm}$	$= 4 @ 6\Delta_{by}$	$= 2 \times 4 \times (6\Delta_{by} - \Delta_{by}) = 40\Delta_{by}$	$32\Delta_{by} + 40\Delta_{by} = 72\Delta_{by}$
$2 @ 2\Delta_{bm}$	$= 4 @ 6\Delta_{by}$	$= 2 \times 4 \times (6\Delta_{by} - \Delta_{by}) = 56\Delta_{by}$	$72\Delta_{by} + 56\Delta_{by} = 128\Delta_{by}$
$4 @ 1\frac{1}{2} \Delta_{bm}$	$= 4 @ 6\Delta_{by}$	$= 4 \times 4 \times (6\Delta_{by} - \Delta_{by}) = 80\Delta_{by}$	$128\Delta_{by} + 80\Delta_{by} = 208\Delta_{by}$
$208\Delta_{by}$ = تغییر شکل تجمعی در پایان بارگذاری			

هرچه مقدار CID بیشتر باشد، یعنی مهاربند کمانش تاب انرژی بیشتری را جذب و تلف می‌کند.

پروتکل بارگذاری مهاربند کمانش تاب

مراحل بارگذاری جابجایی-کنترل (displacement control) مهاربند کمانش تاب مطابق شکل زیر است:



پروتکل بارگذاری مهاربند کمانش تاب

مقایسه مهاربند معمولی با مهاربند کمانش تاب:

اصلی ترین تفاوت مهاربند کمانش تاب با مهاربند معمولی، رفتار یکسان در کشش و فشار است. این موضوع سبب می شود تا مهاربندهای قطری جایگزین مهاربندهای ضربدری شوند.

مسئله مهم دیگر، توان جذب و اتلاف بالای انرژی، در مهاربند کمانش ناپذیر است. نتیجه ی این اتفاق، ایفای نقش فیوز در سازه است.

از منظر اقتصادی نیز، استفاده از مهاربند کمانش تاب می تواند سازه را تا ۲۰ درصد سبک تر کند.

"با توجه به برتری های عددی مهاربند کمانش تاب نسبت به مهاربند معمولی، استفاده از این نوع مهاربند تصمیمی کاملاً منطقی، به روز و اقتصادی است"

کاربرد مهاربند کمانش تاب (BRB)

ایفای نقش فیوز

از مهم‌ترین فواید این نوع مهاربند شگفت انگیز با تمام این نکات مثبت، می‌توان به ایفای نقش فیوز در سازه اشاره کرد. این مهاربند در حین زلزله نیروی زیادی را به خود جذب می‌کند تا سایر اعضا آسیب نبینند. به همین دلیل می‌توان پس از زلزله، آن‌ها را به راحتی جایگزین کرد تا سازه مجدداً به سرویس‌دهی بازگردد. در این صورت دیگر آسیب دیدگان زلزله، بلافاصله بعد از زلزله، می‌توانند به ساختمان خود بازگردند و نیاز نیست سال‌ها منتظر نوسازی خانه‌های خود باشند. معضلی که در زلزله سال ۹۶ کرمانشاه گریبان گیر کشور بود و خسارت‌های بسیار زیادی را به کشور وارد کرد.

بهینه سازی

مهندسی سازه با بهینه سازی عجین شده است. مهندسی یعنی اقتصاد. یعنی گرفتن تصمیمی که بهینه ترین است. یعنی نسبت کارایی به هزینه بیشترین مقدار ممکن باشد. در این راستا از ابزارها و تکنیک‌های مختلفی استفاده می‌کند. یکی از این ابزارها، مهاربند کمانش تاب (BRB) است. استفاده از این مهاربند در طراحی اولیه سازه، باعث بهینه‌شدن سازه می‌شود. از منظر اقتصادی این مهاربند می‌تواند تا ۲۰ درصد هزینه‌های سازه را کاهش دهد.

حتماً برای شما نیز تجربه شده که سازه از نظر مقاومت پاسخگو بوده، اما برای کنترل دررفت، ابعاد تیر و ستون افزایش پیدا می‌کند. استفاده از این نوع مهاربند به طور چشم‌گیری دررفت سازه را کنترل می‌کند. بدون اینکه نیاز باشد ابعاد تیر به طور قابل توجهی افزایش پیدا کند. این یک ویژگی شگفت انگیز برای طراحان سازه است.

مقاوم سازی

خیلی اوقات، به دلایل مختلفی مثل توسعه بنا یا تغییر کاربری، نیاز است که سازه مقاوم سازی شود. مهاربند کمانش تاب، انتخابی عالی برای افزایش مقاومت جانبی و شکل پذیری سازه است. این مهاربند را، هم در سازه های بتنی، هم در سازه های فولادی می توان به کار بست. برای اتصال این مهاربند به سازه بتنی می توان از جزئیاتی که در **این ویدیو** گفته شده استفاده کرد. همچنین توجه به نکته بسیار مهمی که در همان ویدیو عنوان شده و اغلب از چشم طراحان به دور می ماند ضروری است.

بزرگترین مانع بر سر راه BRB

مهاربند کمانش ناپذیر، ظرفیت محوری فوق العاده ای دارد. این نیروی محوری زیاد، باید تا فونداسیون هدایت شود، به گونه ای که زنجیره باربری زیر سوال نرود. مسئله مهم و حیاتی این است؛ آیا ستونی که در دهانه مهاربندی شده وجود دارد، می تواند نیروی محوری عظیم ایجاد شده را به خوبی به فونداسیون منتقل کند؟ آیا تحمل آن نیروی محوری زیاد را دارد؟ راه حل؛ تقویت ستون تا انتقال کامل نیرو به فونداسیون است. اما معضل بزرگتر:

المانی که قبل از ستون باید نیروی ایجاد شده در مهاربند را تحمل کند چیست؟ اتصال! اتصال مهاربند به تیر و ستون باید به نحوی باشد که تا مرحله جاری شدگی مهاربند، پابه پای آن، مقاومت داشته باشد. اما در مهاربند کمانش تاب (BRB)، قبل از این که خود مهاربند به ظرفیت کامل خود برسد، اتصال آسیب می بیند و عملاً مهاربند از مدار خارج می شود؛ زیرا دیگر به سازه متصل نیست. دانشمندان و محققین سال ها است در حال بررسی و ایده پردازی برای طرح یک اتصال قدرتمند هستند تا بتوانند حداکثر بهره وری را از این مهاربند داشته باشند.

یکی از این راه‌حل‌ها، استفاده از ورقه‌ای به نام butyl rubber هست. این ورق، مانند چسب، نیروی ایجاد شده بین مهاربند و تیر و ستون را مدیریت می‌کند تا مهاربند بتواند به حداکثر ظرفیت خود برسد.

البته این ضعف، به این معنی نیست که مهاربندهای کمانش تاب فعلی کارایی ندارند. بلکه بیانگر این است که ضعف اتصال، مانع از تولید و استفاده از BRB هایی با ظرفیت بیشتر می‌شود.

پس توجه کنید که مهاربند کمانش تاب (ناپذیر)، در نیروی محوری از خود ضعف نشان نمی‌دهد. بلکه ضعف اصلی، اتصالات این نوع مهاربندهاست.



اتصال عظیم مهاربند کمانش تاب

طراحی مهاربند کمانش تاب و مدلسازی آن:

استفاده از این نوع مهاربند در جهان با سرعت قابل توجهی در حال رشد است. به همین خاطر طراحی و مدلسازی آن در صنعت ساختمان و همچنین پژوهش‌های علمی و آکادمیک در حال رشد است. برای پژوهش‌های علمی عمدتاً مدلسازی مهاربند کمانش تاب در آباکوس (abaqus) صورت می‌گیرد. اما برای طراحی سازه، از طراحی مهاربند کمانش تاب در ایتبس (etabs) یا طراحی مهاربند کمانش تاب در سپ

(sap) استفاده می‌شود. قبل از توضیح نحوه آموزش مدل‌سازی مهاربند کمانش تاب در etabs یا sap ، لازم است درباره ضریب رفتار آن بدانیم:

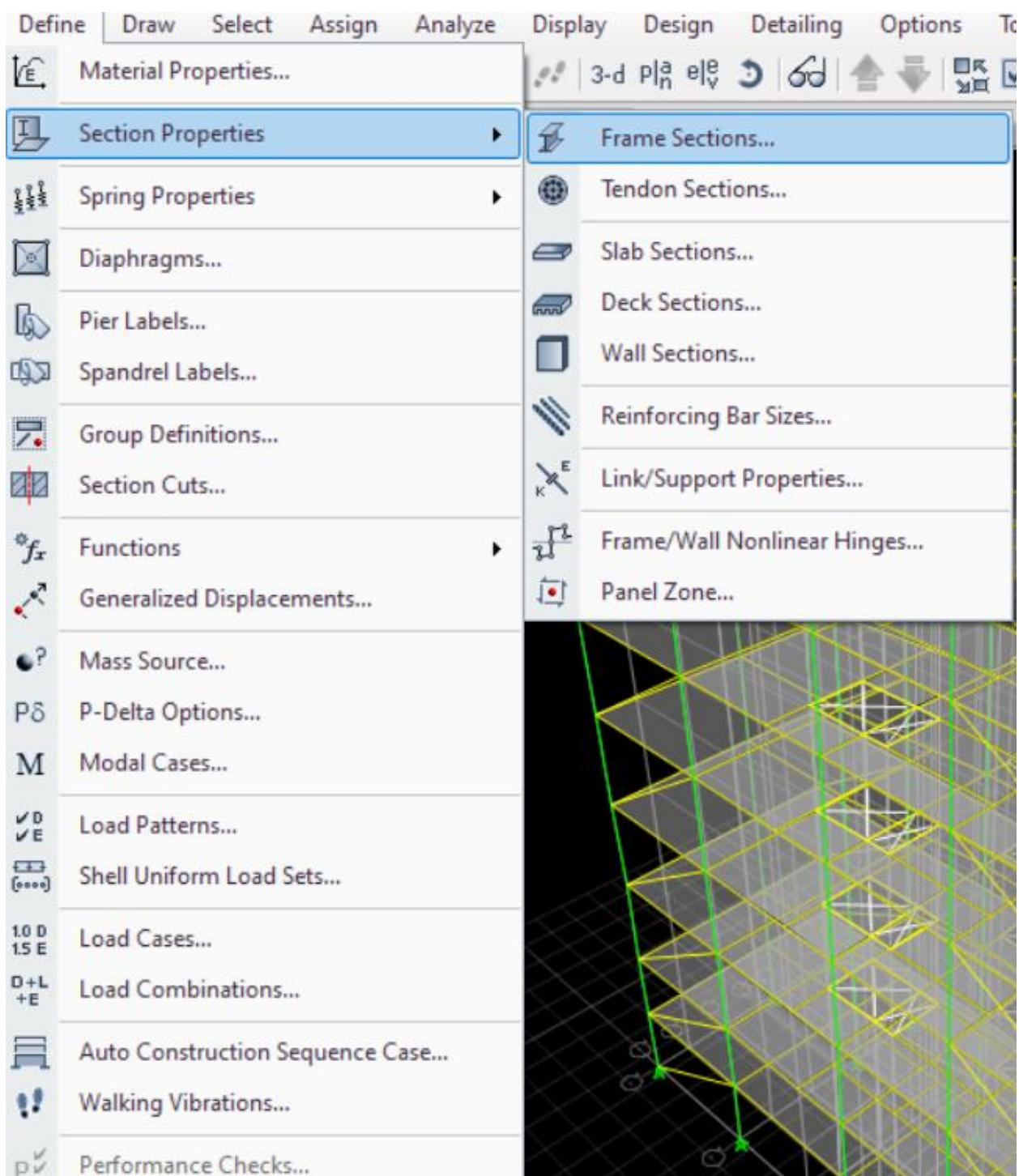
ضریب رفتار مهاربند کمانش تاب

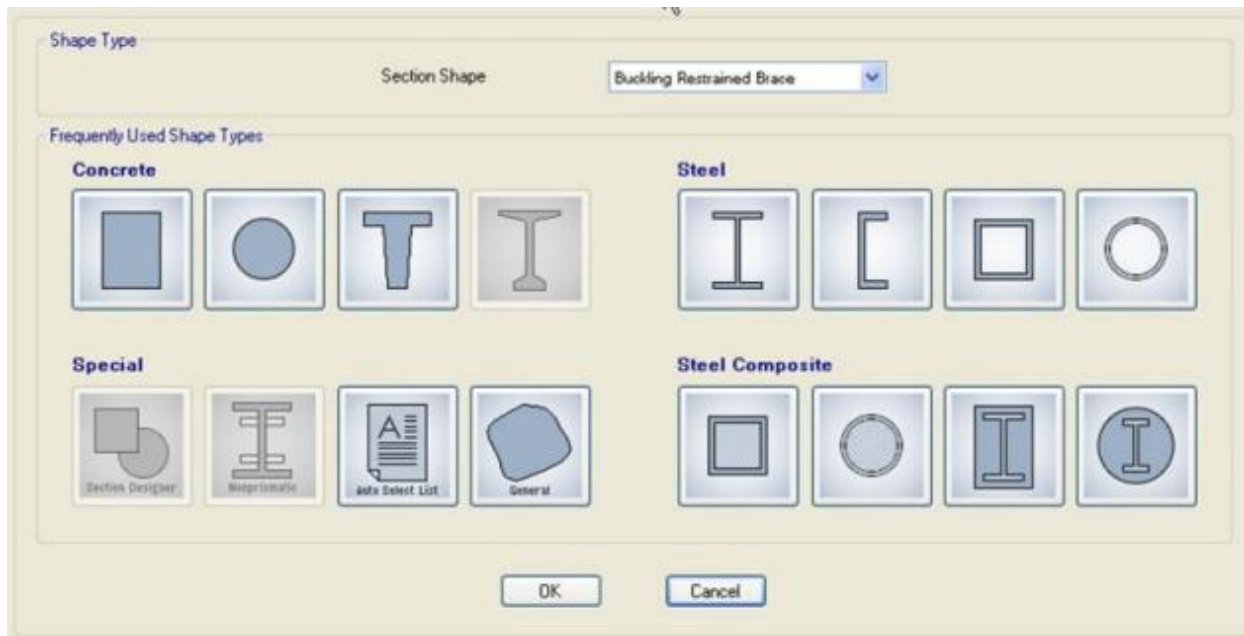
به طور کلی، ضریب رفتار (R) در سازه، در تحلیل استاتیکی خطی معنا می‌شود. در تحلیل پوش‌آور ضریب رفتار کاربردی ندارد. استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم نیز، با توجه به تحلیل استاتیکی خطی، ضریب رفتار را معنا می‌بخشد. اما از نظر مفهومی، کسانی که تحلیل پوش‌آور انجام داده باشند به خوبی می‌دانند که ضریب رفتار سازه با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد.

جدول صفحه ۳۴ استاندارد ۲۸۰۰، ضرایب رفتار را برای بلندترین ارتفاع ممکن در نظر گرفته است. یعنی اگر ارتفاع سازه شما از H جدول کوتاه‌تر باشد، در واقع شما یک ضریب رفتار غیرواقعی و غیراقتصادی را برای تحلیل لحاظ می‌کنید. در حالی که در عمل این ضریب رفتار بیشتر است (ضریب برش پایه کمتر است). با تمام این اوصاف، استاندارد ۲۸۰۰ ضریب رفتار مهاربند کمانش تاب را برای سازه‌های تا ۵۰ متر، برابر ۷ در نظر گرفته است. همچنین ضریب بزرگنمایی یا Cd را برابر ۵ در نظر گرفته است که بیانگر شکل‌پذیری فوق‌العاده مهاربند کمانش ناپذیر یا BRB است.

طراحی مهاربند کمانش تاب در ایتبس (Etabs)

در ایتبس‌های نسخه جدید (۲۰۱۵ به بالا)، مهاربند کمانش تاب در مقاطع پیش فرض وجود دارند. برای طراحی آن نیاز است ابتدا مقطع مورد نظرتان را import نمایید. برای این امر مطابق شکل زیر، از قسمت section property ، در پنجره section shape، گزینه buckling restrained brace را انتخاب کنید.

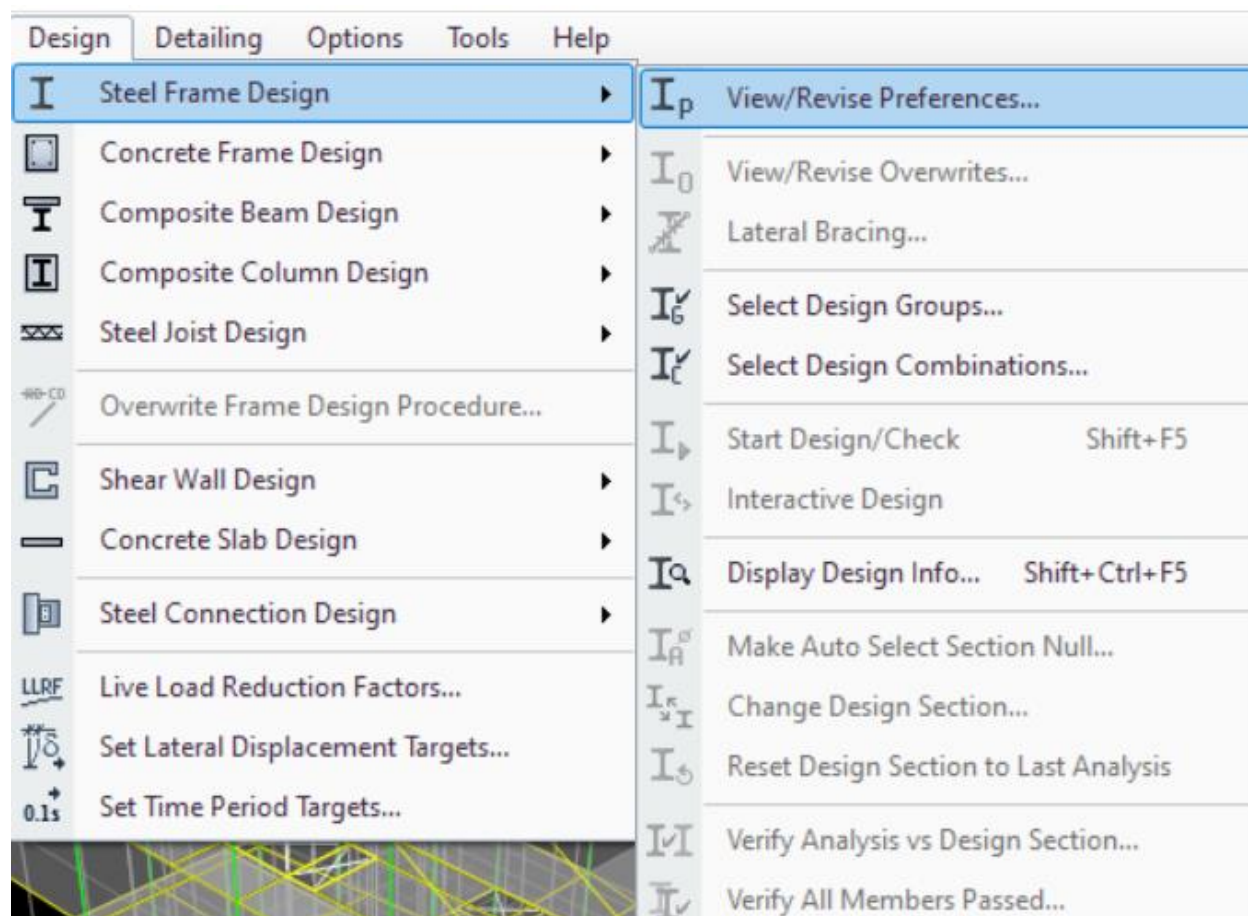




برای تعریف مقاطع، باید با ضرابی که در بالا ذکر شده آشنا باشید. برای هر شرکت، مشخصات دقیق BRB را از شرکت دریافت کنید.

بعد از تعریف مقطع، نوبت به اختصاص مقطع می‌رسد که از منوی assign یا draw، این کار امکان پذیر است.

همچنین لازم است از منوی design، مطابق تصویر زیر، گزینه frame type را روی BRBF تنظیم کنید. اعداد beta و beta omega factor را باید از شرکت تولید کننده مهاربند کمانش تاب (BRB) دریافت کنید.



	Item	Value
01	Design Code	AISC 360-10
02	Multi-Response Case Design	Step-by-Step
► 03	Framing Type	BRBF
04	Seismic Design Category	D
05	Importance Factor	1
06	Design System Rho	1
07	Design System Sds	0
08	Design System R	8
09	Design System Omega0	3
10	Design System Cd	5.5
11	Design Provision	LRFD
12	Analysis Method	Direct Analysis
13	Second Order Method	General 2nd Order
14	Stiffness Reduction Method	Tau-b Variable
15	Add Notional load cases into seismic combos?	No
16	Beta Factor	1.3
17	BetaOmega Factor	1.6
18	Phi(Bending)	0.9

Item Description
This is either "SMF", "IMF", "OMF", "SCBF", "OCBF", "OCBF", "EBF", "BRBF". This item is used for ductility considerations in the design.

Explanation of Color Coding for Values
Blue: Default Value
Black: Not a Default Value
Red: Value that has changed during the current session

Set To Default Values

Reset To Previous Values

طراحی دقیق سازه های BRBF یا همان قاب مهاربندی شده با مهاربند کمانش تاب، نیاز به آموزش دقیقی دارد که در یک مقاله نمی گنجد و بهتر است از دوره های آموزشی با کیفیت استفاده کنید. اگر به زبان انگلیسی تسلط خوبی دارید، می توانید با جستجوی عبارت "How to model BRBF in etabs" به سوالات خود پاسخ دهید یا ویدیوهای یوتیوب را مشاهده نمایید. همچنین فوروم researchgate نیز، بستر خوبی برای پاسخگویی به سوالات شماست.

مدلسازی مهاربند کمانش تاب در SAP

فضای کلی نرم افزار Etabs و sap تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. لذا استراتژی طراحی در هر دو آنها یکسان است. با طی گام‌های طراحی در مهاربند کمانش تاب مطابق etabs، می‌توان سازه را در نرم افزار سپ (sap) نیز مدل کرد. مثال‌های طراحی سازه با مهاربند کمانش تاب با سپ در گوگل بیشتر از مدلسازی مهاربند کمانش ناپذیر در ایتبس است و دسترسی به منابع انگلیسی بیشتر است.

در مجموع استفاده از مهاربند کمانش تاب در سازه، رفتار سازه را به طور چشم‌گیری بهبود می‌دهد. عملکرد بی‌نظیر آن به عنوان فیوز، سبک شدن سازه، رفتار عالی در ناحیه غیرارتجاعی، تقارن رفتار در کشش و فشار از مزایای بی‌نظیر آن است. به طور کلی؛ برای سازه‌های بلندتر از ۸ طبقه فولادی، شک نکنید استفاده از BRB شما را شگفت‌زده خواهد کرد. این المان با سرعت قابل توجهی در حال رشد در کشور است و به زودی اکثر سازه‌های بلند به سیستم مهاربند کمانش ناپذیر (BRB) مجهز خواهند شد.

تولید مهاربند کمانش تاب

با توجه به افزایش سرعت استفاده از مهاربند کمانش تاب در ایران، تولید آنها نیز در حال افزایش است. برای تولید این نوع مهاربند در ایران لازم است، ابتدا مقطع پیشنهادی را ثبت اختراع کنید و پس از اطمینان از ارضا کردن شروطی که در بالا گفته شد، در آزمایشگاه مرکز تحقیقات آن را آزمایش کنید و تاییدیه بگیرید.

ساخت مهاربند کمانش تاب

ساخت مهاربند کمانش تاب در محل (کارگاه) نه امکان پذیر است نه مجاز. آیا هر مقطع فولادی که با بتن احاطه شده باشد می‌تواند نقش مهاربند کمانش تاب را ایفا کند؟ خیر. بنابراین لازم است این مقطع در کارخانه ساخته شود. این مقطع باید تاییدیه‌های لازم، از جمله تاییدیه مرکز تحقیقات را داشته باشد تا ناظر سازه آن را به عنوان مهاربند کمانش تاب تایید کند.

تولید در ایران

در ایران شرکت‌هایی هستند که مهاربندهای نسل اول (با غلاف بتنی) را تولید و عرضه می‌کنند. برخی از این شرکت‌ها، طراحی سازه را نیز بر عهده می‌گیرند. از جمله شرکت‌های معروف تولید کننده مهاربند کمانش تاب در ایران می‌توان به شرکت‌های زیر اشاره کرد:

- [پارس سازه‌ساز](#)
- [پویا تدبیر ویرا](#)
- [آلتین یول تبریز](#)
- [بناراد بريس کيان](#)

قیمت در ایران

با توجه به تفاوت سازه مهاربندهای کمانش تاب، نوسان قیمت فولاد و سیمان و غیره و همچنین تفاوت در نیازهای سازه، نمی‌توان قیمت ثابت و دقیقی را برای مهاربندهای کمانش ناپذیر عنوان کرد. برای استعلام دقیق قیمت بهتر است بعد از طراحی اولیه سازه، استعلام قیمت را از شرکت مدنظر بگیرید. تنها مسئله‌ای که با قطعیت می‌توان عنوان کرد، بهینه‌تر بودن مهاربند کمانش تاب (BRB) نسبت به سایر سیستم‌های مقاوم جانبی است.

کتاب و مقاله مهاربند کمانش تاب

با توجه به بکر بودن این تکنولوژی، هنوز کتاب معتبری به زبان فارسی در این زمینه نگارش نشده است. اما مقالات معتبر بسیاری در این زمینه نگارش شده است. دانشمندان بسیاری در سراسر جهان در حال پژوهش و تحقیق روی این موضوع هستند.