

مرجع تخصصی مهندسی عمران

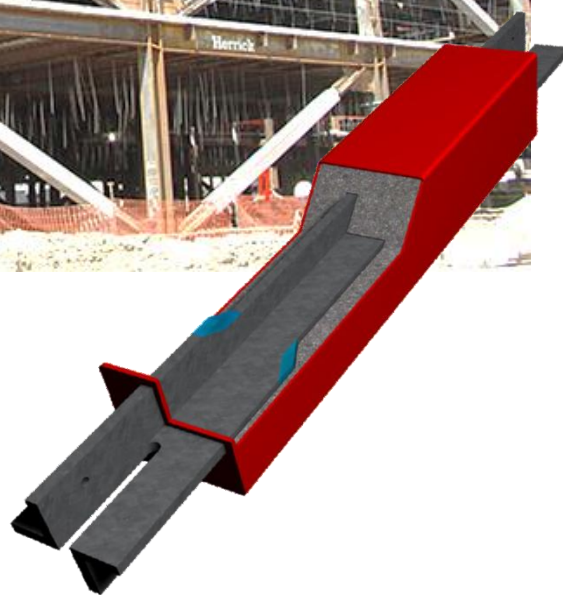
[www.Mcivil.ir](http://www.Mcivil.ir)

دانلود انواع پروژه های دانشجویی مهندسی عمران

فیلم های آموزشی نرم افزار

آگهی های استخدامی عمران به صورت روزانه

## راهنمای طراحی سازه مجهز به مهاربند کمانش تاب با استفاده از تحلیل‌های خطی در نرم‌افزار ETABS V. 13~16



ویرایش ۱/۰/۷  
تابستان ۱۳۹۶

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



## فهرست مطالب

۱	مقدمه
۲	۱- معرفی مهاربندهای کمانش تاب
۵	۲- اصول بنیادی طراحی قاب های مجهز به مهاربندهای کمانش تاب
۶	۱-۲- ظرفیت نیرویی عضو مهاربندی
۶	۲-۲- سختی واقعی و کنترل پایداری کرنشی هسته عضو مهاربندی
۹	۲-۳- الزامات و نیروی طراحی تیرها و ستون ها
۱۱	۲-۴- نیروی طراحی اتصالات مهاربندها
۱۱	۲-۵- ناحیه حفاظت شده
۱۲	۳- مراحل طراحی سازه مجهز به مهاربند کمانش تاب
۱۳	۴- مثال طراحی
۱۳	۴-۱- مشخصات عمومی ساختمان
۱۴	۴-۲- مشخصات لرزه ای سازه
۱۵	۴-۳- مشخصات بارگذاری ثقلی
۱۶	۴-۴- مدلسازی سازه مجهز به مهاربند کمانش تاب در نرم افزار ETABS
۱۷	۴-۵- تعریف مشخصات مهاربندهای کمانش تاب در نرم افزار ETABS
۱۷	۴-۵-۱- تعریف مصالح فولادی هسته مهاربند کمانش تاب
۱۸	۴-۵-۲- تعریف مشخصات مقطع مهاربند کمانش تاب
۲۱	۴-۶- اختصاص ضریب اصلاح سختی محوری مهاربندها
۲۳	۴-۷- تعریف پارامترهای طراحی
۲۵	۴-۸- طراحی اولیه سازه و کنترل نیرویی مهاربندهای کمانش تاب
۲۶	۴-۹- کنترل نیرویی و تغییرشکلی مهاربندهای کمانش تاب
۲۷	۴-۹-۱- ایجاد فایل Access ورودی به برنامه و فراخوانی مدل در نرم افزار صفحه گسترده



- ۴-۹-۲- وارد نمودن نیروی وارد بر مهاربندها در نرم افزار صفحه گسترده ..... ۲۹
- ۴-۹-۳- وارد نمودن تغییرشکل های سازه در نرم افزار صفحه گسترده..... ۳۱
- ۴-۹-۴- کنترل نیرویی و تغییرشکلی مهاربندها در نرم افزار صفحه گسترده ..... ۳۵
- ۴-۹-۵- کنترل ضریب اصلاح سختی محوری مهاربندها ..... ۳۸
- ۴-۱۰- تعیین نیروهای نامتعادل و طراحی لرزه ای تیرها و ستون ها در قاب های مهاربندی شده ..... ۴۰
- ۴-۱۰-۱- کنترل تیرها و ستون ها ..... ۴۱
- ۴-۱۱- تعیین ابعاد تقریبی برای غلاف فولادی پیرامونی ..... ۴۸
- ۴-۱۲- کنترل نهایی بر اساس المان مهاربند کمانش تاب برنامه ETABS ..... ۴۹
- ۴-۱۳- ارسال اطلاعات طراحی مهاربندهای کمانش تاب به شرکت پویا تدبیر ویرا ..... ۵۲
- ۴-۱۴- کنترل نهایی سازه پس از طراحی مهاربندهای کمانش تاب ..... ۵۳
- ۵- منابع و مراجع ..... ۵۴
- پیوست ۱: نمونه نقشه ارسالی توسط مهندسین مشاور به شرکت پویا تدبیر ویرا جهت طراحی و ساخت مهاربندهای کمانش تاب ..... ۵۵
- پیوست ۲: نمونه نقشه ارسالی توسط شرکت پویا تدبیر ویرا به مهندسین مشاور پس از طراحی مهاربندهای کمانش تاب تحت نظارت مستقیم مهندسین مشاور **Low Damage Design** کشور نیوزلند ..... ۵۶

## مقدمه

هدف از ارائه ارائه این راهنما، ارائه گام‌های مورد نیاز جهت طراحی سازه مجهز به مهاربندهای کمانش تاب به مهندسين مشاور محترم کشور می‌باشد، تا پس از طراحی سازه و طراحی اولیه مهاربندهای کمانش تاب، جزئیات لازم جهت ساخت مهاربندها در اختیار این شرکت قرار گیرد.

موارد ارائه شده در این راهنما با فرض استفاده از تحلیل‌های خطی (استاتیکی معادل و یا انواع دینامیکی) است. در صورتیکه در طراحی سازه مورد نظر از انواع روش‌های غیرخطی استفاده می‌کنید، باید از راهنمای دیگر این مجموعه که به اصول مدلسازی غیرخطی این نوع از مهاربندها می‌پردازد، مراجعه نمایید. همچنین مطالب ارائه شده در این راهنما بر مبنای استفاده از ویرایش‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ نرم‌افزار ETABS است. در صورتیکه از ویرایش ۹ این نرم‌افزار استفاده می‌کنید، بسیاری از کنترل‌ها را باید به صورت دستی انجام دهید و از راهنمای دیگر این مجموعه که منطبق بر ویرایش ۹ است، استفاده نمایید.

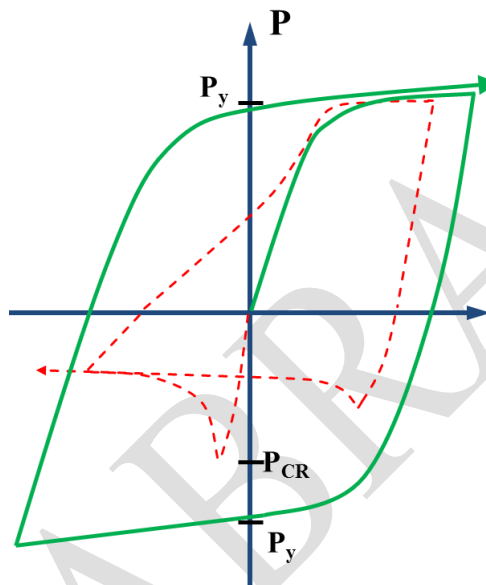
همچنین مبانی ارائه شده در این راهنما تنها به حیطة تولیدات این مجموعه و ضوابط ارائه شده در استانداردها و آیین‌نامه‌های رایج داخل کشور (مبحث دهم مقررات ملی ساختمان و ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰) منوط شده و در صورت استفاده از آن جهت طراحی برای دیگر شرکت‌های تولید کننده (معتبر و نامعتبر) پیشنهاد نمی‌شود. توجه شود که به دلیل اینکه ضوابط قاب‌های مجهز به مهاربندهای همگرای کمانش تاب در داخل کشور وجود ندارد، لذا بنابر نظریه فنی مرکز تحقیقات راه، ساختمان و مسکن از ویرایش ۲۰۱۶ استاندارد AISC 341 استفاده شده است.

در زمان نگارش این راهنما فرض شده است که خواننده تسلط کامل بر طراحی سازه فولادی و بتنی مجهز به مهاربندهای فولادی متداول را دارا است.

بدیهی است که در تدوین چنین مطالبی، لغزش و خطا اجتناب‌ناپذیر است. از اینرو یقین داریم که مجموعه حاضر نیز خالی از اشکال و ایراد نبوده، و لذا از خوانندگان گرامی ارجمند درخواست داریم تا نظرات و پیشنهادات اصلاحی خود را از طریق پست الکترونیکی [virabrace@gmail.com](mailto:virabrace@gmail.com) تذکر داده تا در اسرع وقت و پس از بررسی نسبت به رفع نقایص اقدام شود.

## ۱- معرفی مهاربندهای کمانش تاب

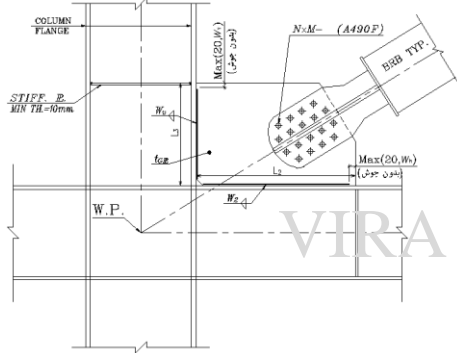
بسیاری از نقایص رفتاری مهاربندهای همگرای متعارف نتیجه اختلاف بین ظرفیت فشاری و کششی این مهاربندها و زوال در مقاومت این مهاربندها تحت بارگذاری چرخه‌ای می باشد. از این رو تحقیقات بسیاری صرف بهسازی این مهاربندها جهت رسیدن به یک رفتار الاستوپلاستیک ایده‌آل گردیده است. برای رسیدن به این هدف لازم بود تا با استفاده از مکانیزم مناسبی از کمانش فشاری مهاربند جلوگیری شود تا امکان تسلیم فشاری فولاد فراهم شود. روشی که مدنظر قرار گرفت عبارت بود از محصورسازی یک هسته فلزی شکل پذیر در میان حجمی از بتن که خود توسط یک غلاف فولادی در بر گرفته شده است.



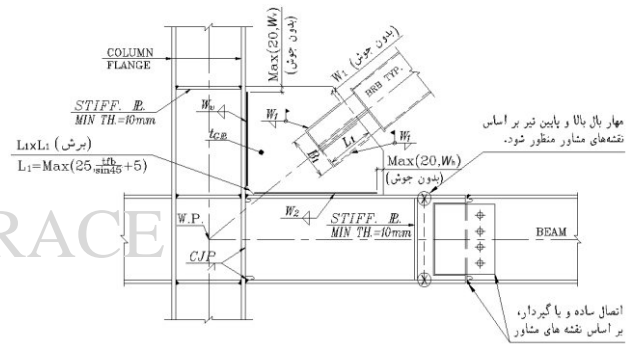
شکل ۱-۱: منحنی هیستریزس مهاربند کمانش ناپذیر (منحنی سبز) در برابر مهاربند فولادی معمولی (منحنی قرمز) مبانی اصلی عملکرد این نوع مهاربند (که در کشور ژاپن از آن به عنوان نوعی میراگر استفاده می‌شود)، جلوگیری از وقوع کمانش هسته فولادی به منظور امکان وقوع پدیده تسلیم فشاری در آن و در نتیجه امکان جذب انرژی در این عضو از سازه می باشد. در نتیجه در این سیستم وظیفه جاری شدن و تامین شکل پذیری بر عهده هسته فولادی مهاربند و وظیفه مقابله در برابر کمانش به عهده غلاف پیرامونی واگذار شده است. این در حالیست که در مهاربندهای متداول، هر دو این وظایف بر عهده خود مهاربند است.

این نوع از مهاربندها را در کلیه سازه‌هایی که امکان نصب مهاربند در آنها وجود دارد، می‌توان به کاربرد. با توجه به تنوعی که در نحوه اتصال این نوع مهاربندها وجود دارد (جوشی، پیچی، وصله‌ای و مفصلی)، امکان استفاده از این نوع مهاربندها در طراحی و یا مقاوم‌سازی کلیه سازه‌های صنعتی، پل‌ها و ساختمان‌ها وجود دارد.

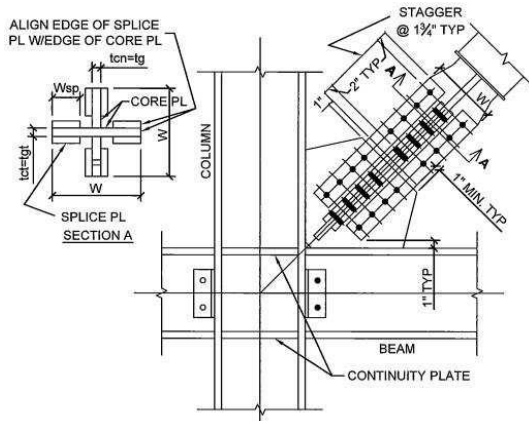
جزئیات انواع مختلف اتصالات این نوع مهاربند در شکل زیر ارائه شده است.



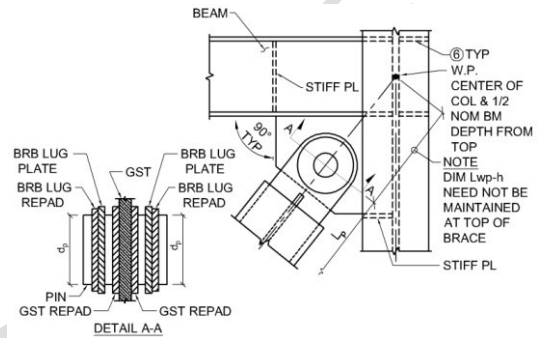
(ب) اتصال پیچی



(الف) اتصال جوشی



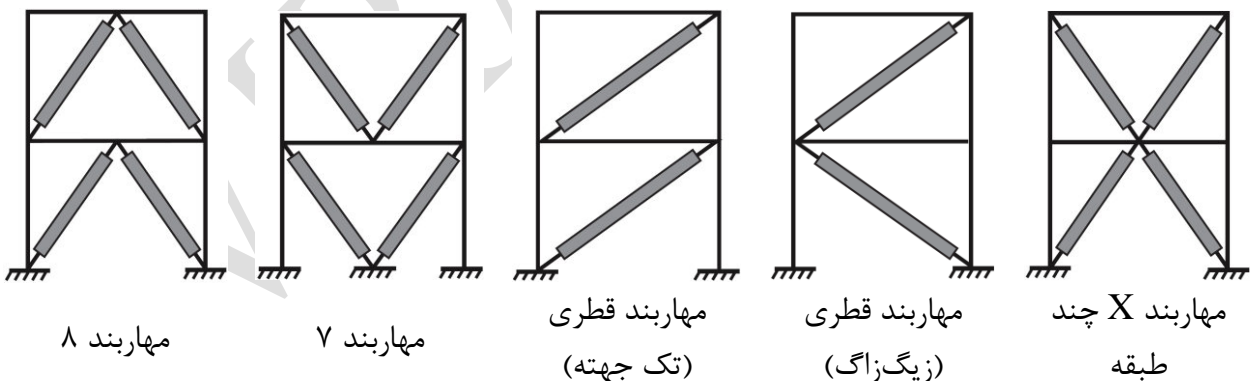
(ت) اتصال وصله ای



(پ) اتصال مفصلی-پینی

شکل ۱-۲: جزئیات کلی انواع اتصالات مهاربندهای کمانش تاب تولیدی این شرکت

نکته مهم دیگر این مطلب است که به دلیل اینکه ظرفیت نیرویی این مهاربند در کشش و فشار برابر است، در نتیجه دیگر نیازی استفاده از مهاربندهای کششی و فشاری نمی باشد. چیدمان های مختلف قابل استفاده برای این نوع از مهاربندها در شکل زیر ارائه شده است.

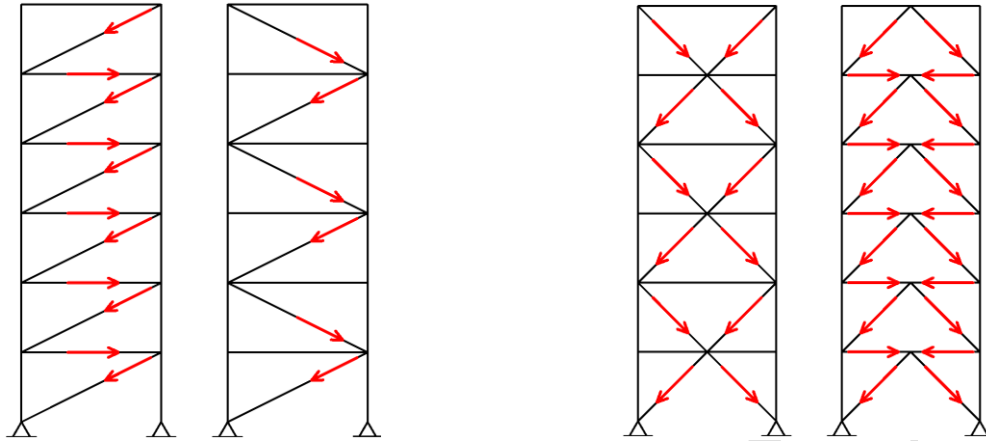


شکل ۱-۳: چیدمان های مختلف برای مهاربندهای کمانش تاب

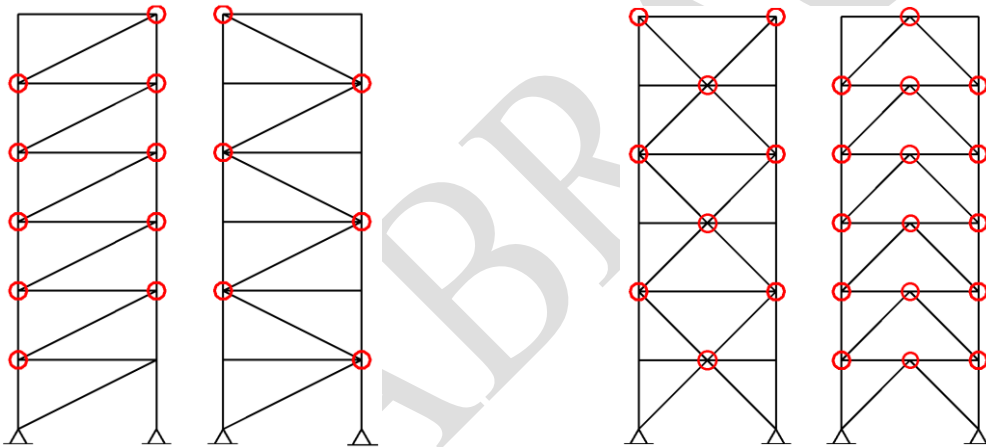
هریک از این چیدمان ها دارای معایب و مزایای هستند، که باید در زمان طراحی اولیه هر پروژه بررسی شود. جهت تعیین بهترین چیدمان برای پروژه خود می توانید با بخش فنی شرکت پویا تدبیر ویرا تماس بگیرید. اما به عنوان یک قاعده کلی، به دلیل اینکه مسیر انتقال نیروی جانبی و تعداد اتصالاتی که نیاز به طراحی



ویژه دارند در مهاربند X چند طبقه نسبت به مهاربندهای ۷ و ۸، و مهاربند قطری زیگزاگ نسبت به مهاربند قطری تک جهته کمتر است، لذا این دو چیدمان (مهاربند X چند طبقه و مهاربند قطری زیگزاگ) پیشنهاد می شود:



(الف) مسیر انتقال نیروی جانبی



(ب) تعداد اتصالات با طراحی ویژه

شکل ۱-۴: چیدمان‌های مختلف برای مهاربندهای کمانش تاب

توجه شود که بر اساس ضوابط استاندارد AISC 341، این امکان وجود دارد که در محل اتصال مهاربند به تیرها در چیدمان ۷ و ۸ و یا X چند طبقه برون محوری باربر با ارتفاع تیر منظور شود. این مسئله می تواند کمک شایانی به جایگذاری درهای ورودی در این چیدمان‌ها داشته باشد.

## ۲- اصول بنیادی طراحی قاب های مجهز به مهاربندهای کمانش تاب

طراحی سازه مجهز به مهاربند کمانش تاب، همانند طراحی سازه مجهز به مهاربند همگرای ویژه است، البته با منظور نمودن برخی از اصلاحات که مهمترین آنها به صورت زیر خلاصه می شود:

- بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، ضریب رفتار و اضافه مقاومت سیستم قاب ساختمانی (اتصال مفصلی تیرها و پای ستون ها) به اضافه مهاربند کمانش تاب به ترتیب برابر  $R_u=7.0$  و  $\Omega_0=2.5$  است، این مقادیر برای مهاربندی همگرای ویژه فولادی برابر  $R_u=5.5$  و  $\Omega_0=2.0$  است. ضریب بزرگنمایی تغییرشکل برای مهاربند کمانش تاب و همگرای ویژه فولادی برابر  $C_e=5.0$  است. توجه شود که از ویرایش ۲۰۱۰ استاندارد بارگذاری امریکا (ASCE 7) ضریب رفتار سازه مجهز به مهاربند کمانش تاب، فارغ از نوع اتصال قاب) برابر  $R_u=8.0$  است.
- در حالتیکه از قاب خمشی فولادی با شکل پذیری زیاد به اضافه مهاربند کمانش تاب استفاده می شود، ضریب رفتار را می توان بر اساس ضوابط استاندارد ASCE 7 برابر  $R_u=8.0$  فرض نمود، این مقدار در حالت مهاربند همگرای ویژه فولادی برابر  $R_u=7.0$  است. توجه شود که در این حالت قاب خمشی باید قادر به تحمل حداقل ۲۵٪ نیروی جانبی زلزله اعمالی باشد.
- بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، تعیین زمان تناوب سازه مجهز به مهاربند کمانش تاب عیناً مشابه سازه مجهز به مهاربند همگرای ویژه فولادی است. این در حالیست که بر اساس ضوابط استاندارد بارگذاری امریکا (ASCE 7)، زمان تناوب تجربی سازه مجهز به مهاربند کمانش تاب بر اساس ضرایب و ضوابط ارائه شده برای مهاربند واگرای ویژه فولادی تعیین می شود.
- ظرفیت طراحی مهاربندها تنها بر اساس ظرفیت جاری شدن هسته فولادی مهاربند تعیین می شود.
- بر اساس الزامات طراحی لرزه ای مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، نیاز طراحی تیرها، ستون ها و اتصالات آنها در سازه مجهز به مهاربند همگرای ویژه فولادی، باید از دو تحلیلی حاصل شود که در یکی فرض می شود مهاربندهای کششی به ظرفیت جاری شدن  $(R_y F_y A_g)$  و مهاربندهای فشاری به ظرفیت کمانشی خود  $(1.14 F_{cre} A_g)$  رسیده، و در تحلیل دیگر فرض می شود مهاربندهای کششی به ظرفیت جاری شدن  $(R_y F_y A_g)$  و مهاربندهای فشاری به ظرفیت پسا کمانشی خود  $(0.3 \times 1.14 F_{cre} A_g)$  رسیده باشد. این در حالیست که با توجه ماهیت شکل پذیری مهاربند کمانش تاب، در تعیین نیاز طراحی تیرها، ستون ها و اتصالات آنها سازه مجهز به این نوع مهاربند تنها یک تحلیل و با فرض رفتار غیرخطی مهاربندها  $(T_{max} = \omega R_y F_y A_{sc})$  و  $(C_{max} = \omega \beta R_y F_y A_{sc})$  انجام می شود. الزامات تعیین این نیازها در بخش های بعدی ارائه شده است.

در ادامه الزامات عمومی طراحی سازه مجهز به مهاربند کمانش تاب ارائه شده است:

## ۲-۱- ظرفیت نیروی عضو مهاربندی

عضو مهاربند کمانش تاب به عنوان یک عضو تغییرشکل کنترل باید وارد محدوده غیرارتجاعی شود. مقاومت محوری طراحی مهاربند در کشش و فشار از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\phi P_{y_{sc}} = \phi F_{y_{sc}} A_{sc} \quad (1)$$

که در این رابطه:

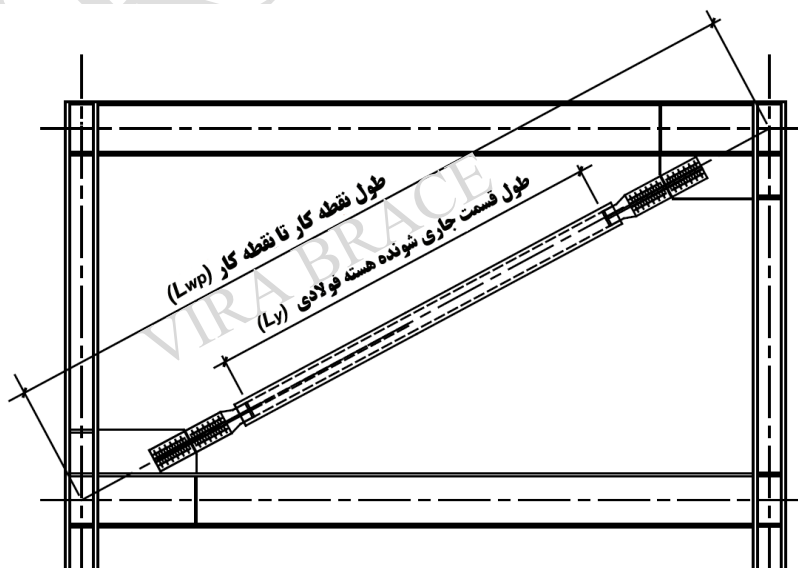
$\phi$ : ضریب کاهش مقاومت و برابر ۰/۹ منظور می‌شود،  
 $F_{y_{sc}}$ : حداقل تنش تسلیم فولاد هسته، یا تنش تسلیم واقعی که از آزمایش به دست می‌آید،  
 $A_{sc}$ : سطح مقطع هسته فولادی (قسمت جاری شونده).

## ۲-۲- سختی واقعی و کنترل پایداری کرنشی هسته عضو مهاربندی

قسمت فولادی عضو مهاربند کمانش تاب که در سختی جانبی قاب تاثیرگذار است، از چهار قسمت تشکیل شده است: ۱- قسمت صلب انتهایی در محل ورق اتصال به قاب، ۲- قسمت الاستیک اتصالی مهاربند، ۳- بخش تبدیلی از هسته جاری شونده به قسمت اتصالی، و ۴- هسته جاری شونده فولادی. در برخی از منابع و کتب مهندسی بخش‌های ۱ و ۲ به صورت یک بخش واحد در نظر گرفته شده است.

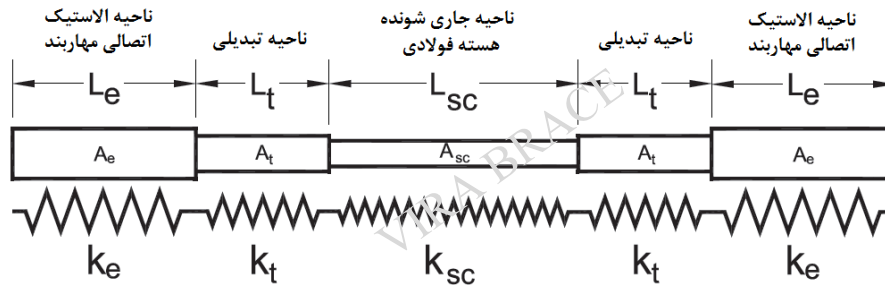
در زمان مدلسازی مهاربند کمانش تاب در نرم‌افزار ETABS، مساحت هسته جاری شونده در طولی مابین نقطه کار تا نقطه کار مدل می‌شود. به عبارت دیگر سختی منظور شده در نرم‌افزار به صورت زیر محاسبه و منظور می‌شود:

$$K_{sc\_wp} = \frac{EA_{sc}}{L_{wp}} \quad (2)$$



شکل ۲-۱: مفهوم طول جاری شونده و طول نقطه کار تا نقطه کار در مهاربند کمانش تاب

این در حالیست که در واقعیت سختی عضو مهاربندی بیشتر از این مقدار است. با فرض اینکه سختی دو بخش صلب انتهایی در ورق اتصال مهاربند برابر بی نهایت باشد، سختی موثر واقعی عضو مهاربندی به صورت زیر تعیین می‌شود:



$$K_{eff} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{K_i}} \quad (۳)$$

در نتیجه جهت مدلسازی صحیح عضو مهاربند کمانش تاب در نرم افزار ETABS، باید یک ضریب اصلاح سختی در مساحت هسته فولادی، فقط در زمان انجام تحلیل‌ها، اعمال شود. مقدار این ضریب اصلاح سختی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$KF = \frac{K_{eff}}{K_{sc\_wp}} \quad (۴)$$

مقدار دقیق ضریب اصلاح سختی، KF، پس از طراحی سازه توسط مشاور پروژه و طراحی خود المان مهاربند کمانش تاب توسط سازنده این اعضاء تعیین می‌شود. اما جهت تخمینی دقیق از این ضریب می‌توان از نتایج برنامه صفحه گسترده تهیه شده توسط این شرکت استفاده نمود.

همچنین بر اساس تجربیات این شرکت، با توجه به ضوابط استانداردهای طراحی داخلی و شرایط ساخت و ساز کشورمان، یک حدس اولیه مناسب برای این ضریب برابر است با  $KF=1.35$ .

همانطور که پیش از این نیز عنوان شد، عضو مهاربند کمانش تاب یک المان تغییرشکل کنترل است. بنابراین علاوه بر کنترل ظرفیت نیرویی این المان، کرنش پلاستیک تشکیل شده در قسمت جاری شونده هسته فولادی نیز باید کنترل شود تا هیچ گونه ناپایداری در سیستم انتقال رخ ندهد. سیستم مهاربند کمانش تاب باید قادر به تحمل بزرگترین دو مقدار تغییر مکان زیر باشد:

۱- دو برابر تغییر مکان نسبی واقعی طبقه تحت اثر زلزله طرح (زلزله استاندارد ۲۸۰۰):

$$\Delta_{X1} = 2\Delta_M = 2C_d \Delta_{eu} \quad (۵)$$

که در این رابطه:

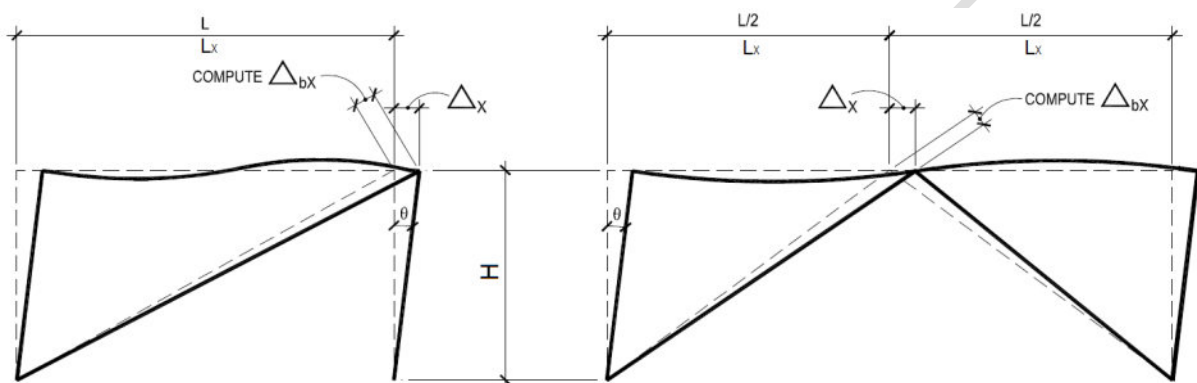
$C_d$ : ضریب بزرگنمایی تغییرمکان جانبی،

$\Delta_{eu}$ : تغییرمکان جانبی نسبی ارتجاعی طبقه تحت اثر زلزله طرح است.

۲- تغییر مکان مناظر با ۲ درصد تغییر مکان نسبی طبقه:

$$\Delta_{X2} = 0.02H_{Story} \quad (۶)$$

تغییرمکان ایجاد شده در مهاربند باید از بر اساس بزرگترین مقدار حاصله از روابط ۵ و ۶ و بر اساس رابطه زیر تعیین شود:



$$\Delta_{bx} = \text{Max} (\Delta_{X1}, \Delta_{X2}) + \Delta_{Gravity} \quad (۷)$$

$$\Delta_{bx} = \sqrt{H^2 + (L_x + \Delta_x)^2} - \sqrt{H^2 + L_x^2} \quad (۸)$$

بر اساس ضوابط ارائه شده در استاندارد ASCE 41-13، حداکثر مقدار کرنش پلاستیک هسته فولادی باید برابر  $\epsilon_{b \max} = 2.5\%$  باشد. توجه شود که این معیار بر اساس ضوابط استانداردهای امریکا، که در زمینه کنترل تغییرمکان جانبی بسیار از ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ سختگیرانه تر هستند ارائه شده است. با توجه به شرایط فولاد تولیدی در ایران و همچنین ضوابط تغییرمکان جانبی استاندارد ۲۸۰۰، پیشنهاد این مجموعه محدود ساختن کرنش پلاستیک هسته فولادی به  $\epsilon_{b \max} = 3.5\%$  است. شایان ذکر است که در آزمایشات انجام شده بر روی تولیدات این شرکت، هسته مهاربند فولادی تا کرنشهایی تا حدود ۴ درصد را نیز بدون پاره شدن تحمل کرده است، اما در هر صورت پیشنهاد می شود که کرنش هسته از مقدار ۳/۵ درصد فراتر نرود.

طول قسمت جاری شوند هسته فولادی،  $L_y$ ، تابعی از پارامترهای مختلف همچون چیدمان سیستم مهاربندی، زاویه قرارگیری مهاربند نسبت به افق، نوع اتصال مهاربند به سازه، ابعاد تیر و ستون و مشخصات ورق اتصال مهاربند است. با توجه به این پارامترها این طول در حدود 0.5 تا 0.75 طول نقطه کار تا نقطه کار،  $L_{wp}$ ، و طول دقیق آن تنها پس از طراحی سازه توسط مشاور پروژه و طراحی خود المان مهاربند کمانش تاب توسط سازنده این اعضاء مشخص می شود. بر اساس تجربیات این شرکت، با توجه به ضوابط

استانداردهای طراحی داخلی و شرایط ساخت و ساز کشورمان، یک حدس اولیه مناسب برای این طول برابر است با  $L_y = 0.63L_{wp}$

نکته بسیار مهم این مطلب است که هرچه قدر کرنش ایجاد شده در مهاربند بیستر باشد، به همان نسبت نیز نیروی وارده بر اعضاء پیرامونی که ناشی از رفتار غیرخطی مهاربند است بیشتر خواهد شد، لذا جهت دستیابی به یک طرح بهینه باید تا حد امکان تغییرشکل ایجاد شده در مهاربند را محدود نمود. همچنین در صورتیکه زاویه قرارگیری مهاربند نسبت به افق کمتر از ۳۰ درجه و یا بزرگتر از ۶۰ درجه باشد، تامین طول جاری شونده کافی جهت کنترل پایداری هسته مهاربند بسیار دشوار خواهد بود.

## ۲-۳- الزامات و نیروی طراحی تیرها و ستون ها

مطابق اصول طراحی ظرفیتی، در قاب های مهاربند تاب عضو مهاربندی نقش فیوز را داشته و به عنوان ضعیف ترین عضو قاب طراحی می گردد تا هرچه سریعتر وارد رفتار غیرخطی شود. بقیه اعضاء قاب (تیر و ستون) تحت تاثیر رفتار عضو مهاربندی بوده و باید برای حداکثر نیروی قابل تولید توسط مهاربند طراحی شوند.

اعضاء مجاور مهاربند کمانش تاب (تیر، ستون) نیرو کنترل بوده و باید در محدوده ارتجاعی باقی بمانند. نیروی طراحی این اعضاء از تعادل نیرویی و با اعمال ضرایب  $R_y$ ،  $\omega$ ،  $\beta$  بر مقاومت عضو مهاربندی محاسبه می شود. در این صورت مقاومت اصلاح شده مهاربند در کشش و فشار به صورت زیر محاسبه می شود:

$$T_{\max} = \omega R_y P_{y,sc} = \omega R_y F_{y,sc} A_{sc} \quad (9)$$

$$C_{\max} = \beta \omega R_y P_{y,sc} = \beta \omega R_y F_{y,sc} A_{sc} \quad (10)$$

که در این رابطه

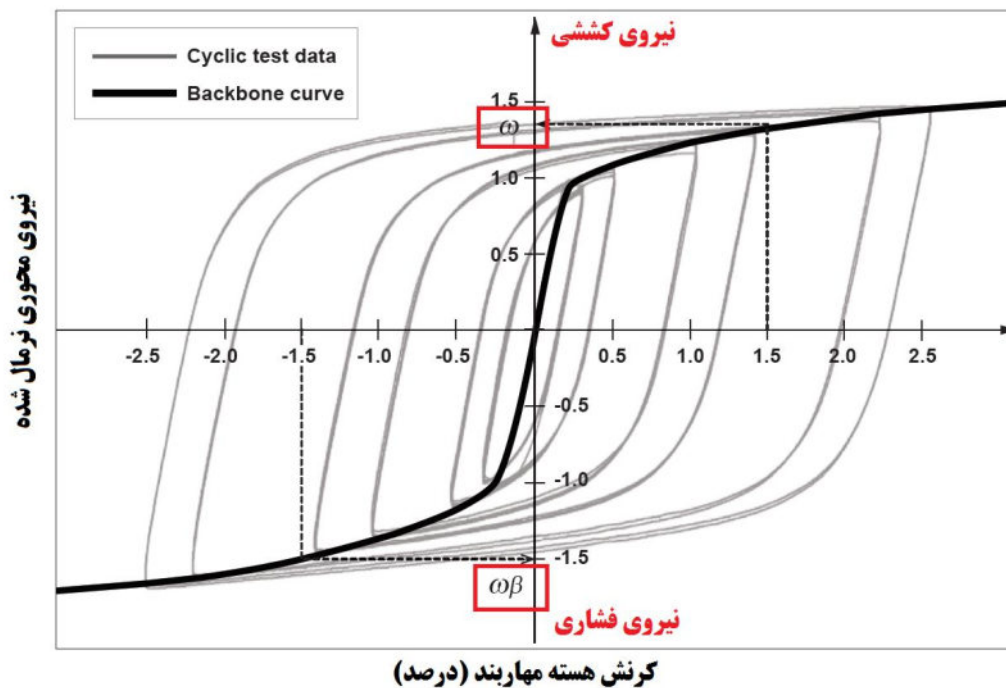
$R_y$ : نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به حداقل تنش تسلیم تعیین شده برای ورق فولادی مورد استفاده در هسته مهاربند. بر اساس مبحث دهم مقررات ملی ساختمان این ضریب برای ورق های فولادی تولید داخل برابر 1.15 است، و بر اساس ضوابط AISC 360-16 برای فولادی نوع A36 این ضریب برابر 1.50 است. همچنین در صورتی که تنش تسلیم مهاربند از آزمایش به دست آید این ضریب برابر واحد منظور می گردد.

$\omega$ : ضریب منظور نمودن اثر سخت شدگی کرنشی در هسته فولادی مهاربند،

$\beta$ : ضریب منظور نمودن اثر مقاومت فشاری که برابر است با نسبت حداکثر نیروی فشاری به حداکثر نیروی کششی عضو مهاربندی حاصله از آزمایشات انجام شده بر روی نمونه های واقعی.

توجه شود که به دلیل اثر پواسون و اصطکاک ایجاد شده میان هسته فولادی و غلاف بتنی پیرامونی، ظرفیت و نیروی فشاری مهاربند کمانش تاب در یک کرنش مشخص از ظرفیت و نیروی کششی در آن کرنش

بزرگتر است. این مسئله را بطور کامل می‌توان از منحنی هیستریزیس حاصله از نتایج آزمایشات انجام شده بر روی نمونه‌های واقعی مهاربندها مشاهده نمود (همانند شکل زیر):



شکل ۲-۲: منحنی هیستریزیس مهاربند کمانش تاب و ضرایب اصلاح نیرویی

نکته بسیار بسیار مهم در تعیین ضرایب اصلاح نیروی مهاربندهای کمانش تاب این مسئله است که ضرایب  $\omega$  و  $\beta$  باید در کرنشی محاسبه شوند که از تقسیم تغییرمکان  $\Delta_{bX}$  (بر اساس فرمول‌های ۷ و ۸ که برابر است با بیشترین مقدار حاصله از دو برابر تغییرمکان جانبی طبقه حاصله از زلزله طرح و ۰٫۰۲ ارتفاع طبقه) بر طول قسمت جاری شونده محاسبه می‌شود.

همانطور که مشاهده می‌شود این ضرایب به کرنش هسته فولادی مهاربند وابسته بوده و باید از آزمایشات پیشین انجام شده محاسبه شود. جهت دسترسی به نتایج آزمایشات انجام شده توسط این شرکت با ما تماس بگیرید. همچنین از مقادیر جدول زیر می‌توانید به عنوان مقادیر اولیه استفاده نمایید. نکته دیگر اینکه در طراحی اولیه به جای استفاده از مقادیر جدول، می‌توانید از مقادیر  $\omega=1.6$  و  $\beta=1.1$  به عنوان یک حدس اولیه مناسب استفاده کنید.

$\beta$	$\omega$	گرنش هسته مهاربند (%)
1.05	1.2	$0 \leq \varepsilon \leq 0.5$
1.05	1.4	$0.5 < \varepsilon \leq 1.0$
1.10	1.5	$1.0 < \varepsilon \leq 1.5$
1.10	1.6	$1.5 < \varepsilon \leq 2.0$
1.10	1.7	$2.0 < \varepsilon \leq 2.5$
1.15	1.8	$2.5 < \varepsilon \leq 3.0$
1.20	2.0	$3.0 < \varepsilon \leq 4.0$

بر اساس ضوابط AISC 341-10، تیرها و ستون‌های واقع در دهانه مهاربندهای کمانش تاب باید از نوع اعضاء با شکل‌پذیری زیاد با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر  $\lambda_{hd}$  باشد. اما بر اساس ضوابط ویرایش جدید این استاندارد، AISC 341-16، به دلیل اینکه این اعضاء تحت اثر نیروهای وارده الزاماً باید در محدود الاستیک باقی بمانند، تیرها و ستون‌های واقع در دهانه مهاربندهای کمانش تاب باید از نوع اعضاء با شکل‌پذیری متوسط با محدودیت حداکثر نسبت پهنا به ضخامت برابر  $\lambda_{md}$  باشد. پیشنهاد این مجموعه این است که الزامات طراحی قاب‌های مهاربندی شده بر اساس ضوابط مرتبط با استاندارد داخلی انتخاب شود.

## ۲-۴- نیروی طراحی اتصالات مهاربندها

بر اساس ضوابط AISC 341-10 نیروی طراحی اتصالات مهاربند باید ۱۰٪ بیشتر از ظرفیت مهاربند در فشار،  $C_{max}$ ، باشد. اما بر اساس ضوابط ویرایش جدید این استاندارد، AISC 341-16، نیازی به در نظر گرفتن این ۱۰٪ ضریب اطمینان نمی‌باشد. با توجه به اینکه این اعضاء دچار کمانش نمی‌شوند، لذا نیازی به در نظر گرفتن مفصل در ورق اتصال مهاربند (رعایت ضابطه  $2t$  جهت سازگاری با دوران غیرالاستیک حاصل از تغییرشکل‌های پس از کمانش در خارج از صفحه مهاربندی) نمی‌باشد.

نکته بسیار مهم این مطلب است که وظیفه طراحی اتصال اعضاء مهاربندی به قاب بر عهده شرکت سازنده مهاربندها می‌باشد.

## ۲-۵- ناحیه حفاظت شده

ناحیه حفاظت شده در مهاربند کمانش تاب شامل هسته فولادی مهاربند و کلیه المان‌های اتصال دهنده هسته فولادی به تیرها و ستون‌ها می‌باشد.

در ادامه نحوه اعمال این ضوابط و همچنین نحوه ارسال اطلاعات برای این شرکت جهت ساخت مهاربندهای کمانش تاب در قالب یک مثال عملی ارائه می‌شود.

در صورتیکه جهت طراحی سازه مجهز به مهاربند کمانش تاب از نرم‌افزار ETABS V. 13, 15, 16 استفاده می‌کنید، می‌توانید از نرم‌افزار صفحه گسترده تهیه شده توسط این شرکت استفاده نمایید تا بسیاری از گام‌ها به صورت خودکار انجام شود. مثال انجام شده نیز با فرض این مسئله ارائه شده است. توجه شود که همواره پیش آغاز هر طراحی آخرین ویرایش این نرم‌افزار را از سایت ما دانلود کنید، تا در صورت اینکه تغییراتی در آن اعمال شده باشد، این تغییرات در طراحی شما نیز وارد شود.



### ۳- مراحل طراحی سازه مجهز به مهاربند گمانش تاب



## ۴- مثال طراحی

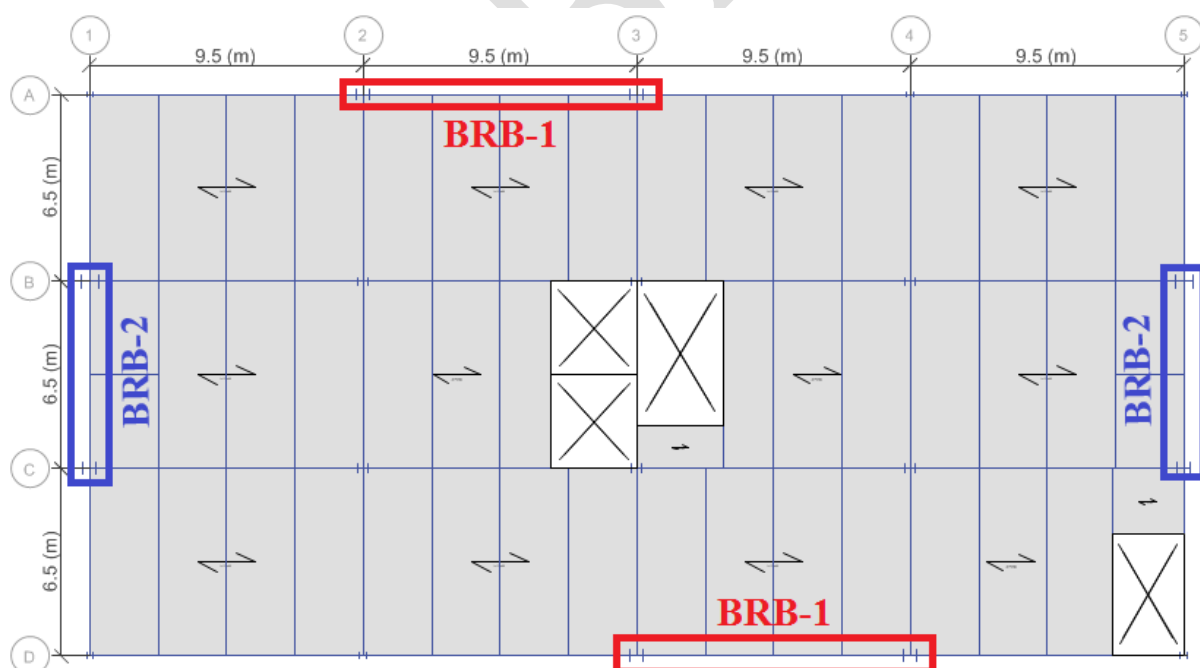
سازه نمونه طراحی شده، همانند سازه اراده شده در راهنمای طراحی لرزه‌ای ویرایش ۲۰۱۰ استاندارد AISC است، با این تفاوت که سیستم باربر جانبی در هر دو جهت به صورت قاب ساختمانی به همراه مهاربندهای کمانش تاب می‌باشد. همچنین به منظور امکان ایجاد اجرای مهاربندها به صورت قطری در جهت عرضی ساختمان، طول دهانه‌ها از ۷٫۵ متر به ۶٫۵ متر کاهش یافته است.

### ۴-۱- مشخصات عمومی ساختمان

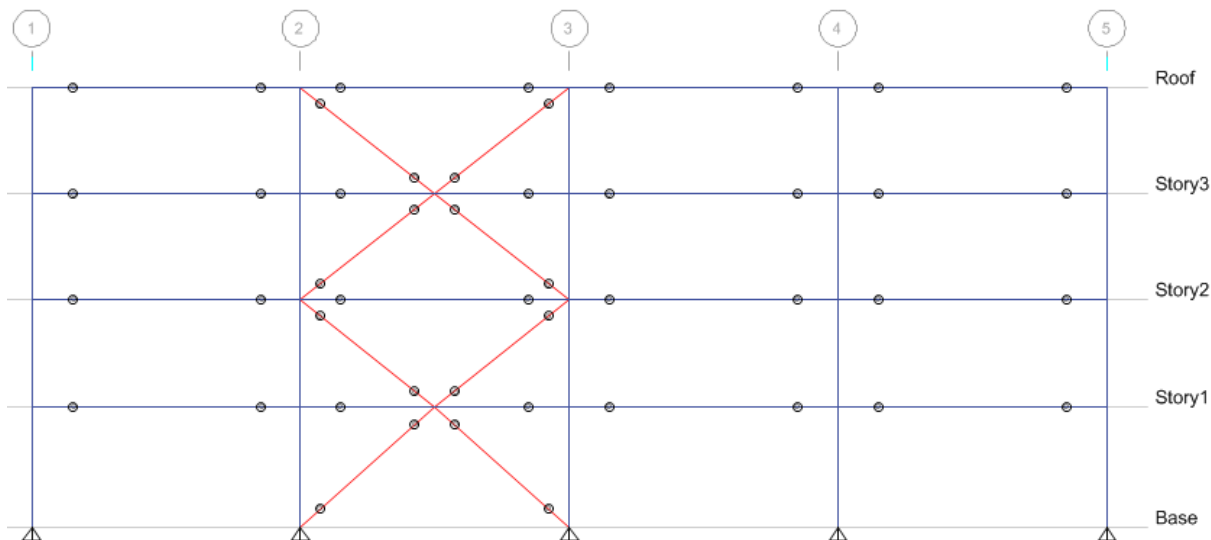
ساختمان مذکور یک ساختمان ۴ طبقه با کاربری اداری است که در شهر تهران واقع شده است. ارتفاع طبقه همکف برابر ۴٫۲۵ متر و ارتفاع سایر طبقات ۳٫۷۵ متر است.

سیستم باربر جانبی در هر دو جهت به صورت سیستم قاب ساختمانی (اتصال مفصلی میان تیرها و ستون‌ها) به همراه مهاربند کمانش تاب منظور شده است. با توجه به دهانه‌های قاب‌ها و به منظور قابلیت تامین بازو جهت احداث پنجره، مهاربندهای کمانش تاب در جهت طولی به صورت ۷ و ۸ (مهاربند X دو طبقه) و در جهت عرضی به صورت قطری زیگ‌زاگی منظور شده است.

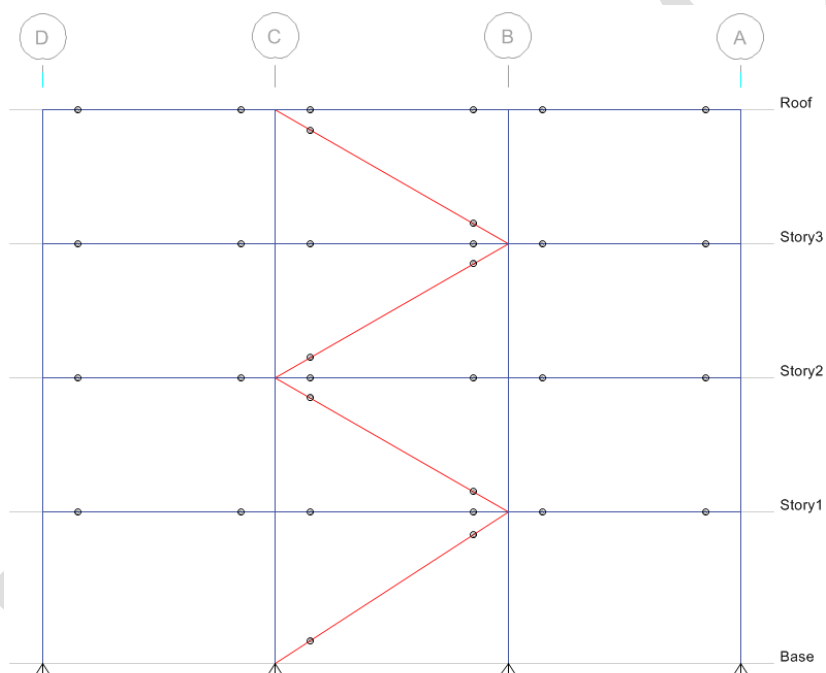
پلان تیپ طبقات و موقعیت و چیدمان مهاربندها در تصاویر زیر ارائه شده است:



شکل ۴-۱: پلان تیپ طبقات ساختمان مورد بررسی



شکل ۴-۲: نمای مهاربندهای کمانش تاب (BRB-1) واقع بر روی محورهای A و D



شکل ۴-۳: نمای مهاربندهای کمانش تاب (BRB-2) واقع بر روی محورهای 1 و 5

## ۴-۲- مشخصات لرزه ای سازه

نوع زمین محل پروژه بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، از نوع III، و شتاب مبنای طرح بر اساس همین استاندارد برابر  $A=0.35g$  منظور شده است. با توجه به کاربری ساختمان ضریب اهمیت لرزه ای برابر  $I_e=1.0$  منظور می شود. همچنین با توجه تعداد دهانه های مهاربندی در هر جهت ضریب نامعینی سازه در هر دو جهت برابر  $\rho=1.2$  منظور می شود. محاسبه ضریب زلزله طرح بر اساس ویرایش چهارم ۲۸۰۰ در زیر ارائه شده است:

مشخصات ارتقاعی ساختمان:		
ارتفاع ساختمان از روی تراز پایه (متر):	H (m) =	15.5
کل تعداد طبقات ساختمان:	No. Story =	4
زمان تناوب اصلی نوسان:		
نوع ساختمان از نظر توزیع جرم و سختی:	متعارف	
در جهت X ساختمان:		
نوع کلی سیستم باربر جانبی:	سایر سیستم ها	
زمان تناوب حاصل از روابط تجربی (ثانیه):	$T(sec)=0.05H^{0.75}=$	0.391
زمان تناوب تجربی سازه با در نظر گرفتن تبصره ها (ثانیه):	$T(sec) =$	0.488
زمان تناوب اصلی نوسان حاصل از تحلیل دینامیکی (ثانیه):	$T_D(sec) =$	0.702
زمان تناوب مورد استفاده در تعیین ضریب زلزله (ثانیه):	$T_X(sec) =$	0.488
در جهت Y ساختمان:		
نوع کلی سیستم باربر جانبی:	سایر سیستم ها	
زمان تناوب حاصل از روابط تجربی (ثانیه):	$T(sec)=0.05H^{0.75}=$	0.391
زمان تناوب تجربی سازه با در نظر گرفتن تبصره ها (ثانیه):	$T(sec) =$	0.488
زمان تناوب اصلی نوسان حاصل از تحلیل دینامیکی (ثانیه):	$T_D(sec) =$	0.819
زمان تناوب مورد استفاده در تعیین ضریب زلزله (ثانیه):	$T_Y(sec) =$	0.488
نسبت شتاب مبنای طرح:		
میزان لرزه خیزی محل پروژه:	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	
نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل:	A (g) =	0.35
ضریب بازتاب ساختمان:		
نوع زمین ساختگاه پروژه:	Soil Type =	III
پارامترهای مربوط به ضریب بازتاب ساختمان		
$T_0(sec) =$	0.15	$T_S(sec) =$ 0.70
S =	1.75	$S_0 =$ 1.10
ضریب شکل طیف		
$T_0 < T_x < T_s \rightarrow$	$B_{1x} = S + 1 =$	2.750
$T_0 < T_y < T_s \rightarrow$	$B_{1y} = S + 1 =$	2.750
ضریب اصلاح طیف بر اساس شرایط نزدیک از گسل		
$T_x < T_s \rightarrow$	$N_x =$	1.000
$T_y < T_s \rightarrow$	$N_y =$	1.000
ضریب بازتاب ساختمان		
$B_x = B_{1x} N_x =$		2.750
$B_y = B_{1y} N_y =$		2.750
ضریب اهمیت ساختمان در برابر زلزله:		
گروه بندی ساختمان بر حسب اهمیت:	با اهمیت متوسط	
ضریب اهمیت ساختمان:	I =	1.0
ضریب رفتار ساختمان:		
در جهت X ساختمان:		
سیستم سازه ساختمان در جهت X:	سیستم قاب ساختمانی	
سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی:	مهاربندی کماتش تاب	
ضریب رفتار ساختمان در جهت X:	$R_{uX} =$	7.0
در جهت Y ساختمان:		
سیستم سازه ساختمان در جهت Y:	سیستم قاب ساختمانی	
سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی:	مهاربندی کماتش تاب	
ضریب رفتار ساختمان در جهت Y:	$R_{uY} =$	7.0
ضریب نامعینی سازه:		
ضریب نامعینی سازه در جهت X:	$\rho_X =$	1.2
ضریب نامعینی سازه در جهت Y:	$\rho_Y =$	1.2
ضریب زلزله وارد بر و توزیع آن در ارتفاع ساختمان:		
روش طراحی سازه:	حالت حدی	
حداقل ضریب زلزله طراحی ساختمان:	$C_{min}=0.12AI =$	0.042
ضریب زلزله وارد بر ساختمان در جهت X:	$C_X=AB_X/R_{uX} =$	0.138
ضریب زلزله وارد بر ساختمان در جهت Y:	$C_Y=AB_Y/R_{uY} =$	0.138
ضریب توزیع نیروی زلزله در ارتفاع در جهت X:	$K_X =$	1.00
ضریب توزیع نیروی زلزله در ارتفاع در جهت Y:	$K_Y =$	1.00
ضرایب زلزله مربوط به نیروی قائم زلزله ناشی از بار مرده ساختمان:		
$DL_{Multiplier} =$	0.21	$S_{ds} =$ 1.05

با توجه به شرایط سازه و به منظور طرح بهینه‌تر، روش تحلیل و طراحی سازه بر اساس شبه دینامیکی طیفی و مقدار برش پایه طراحی سازه در حالت دینامیکی شبه طیفی برابر ۹۰٪ مقدار حالت استاتیکی معادل منظور می‌شود.

#### ۴-۳- مشخصات بارگذاری ثقلی

سیستم باربر ثقلی سازه به صورت تیرچه‌های فولادی همراه با سقف کامپوزیت با ورق موج‌دار انتخاب شده است. خلاصه بارگذاری ثقلی طبقات به صورت است:

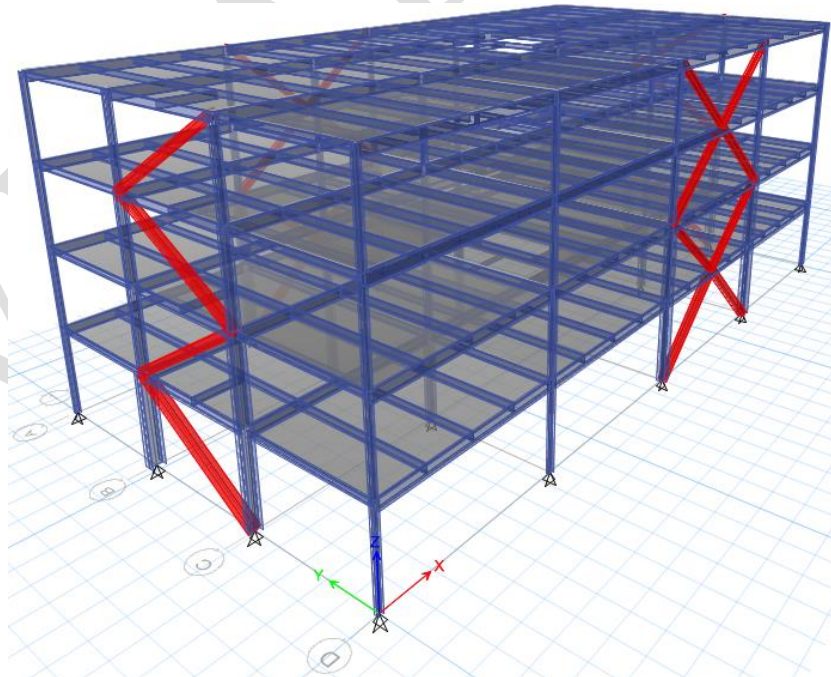
- اضافه سربار مرده کف طبقات اداری:  $245 \text{ kgf/m}^2$
- اضافه سربار مرده کف بام:  $390 \text{ kgf/m}^2$
- بار مرده واحد سطح پلکان:  $675 \text{ kgf/m}^2$
- وزن واحد طول دیوارهای نمای دارای بازشو (واقع بر روی محورهای A و D):  $1150 \text{ kgf/m}$
- وزن واحد طول دیوارهای نمای بدون بازشو (واقع بر روی محورهای 1 و 5):  $805 \text{ kgf/m}$

- وزن واحد طول دیوارهای جانپناه: 370 kgf/m
- وزن واحد طول دیوارهای سنگین داخلی: 785 kgf/m
- بار زنده کف طبقات اداری (دفاتر کار معمولی):  $2.5 \text{ kN/m}^2$
- وزن دیوارهای تقسیم کننده:  $1.0 \text{ kN/m}^2$
- بار زنده کف بام:  $1.5 \text{ kN/m}^2$
- راهرو و پلکان:  $3.5 \text{ kN/m}^2$

#### ۴-۴- مدلسازی سازه مجهز به مهاربند کمانش تاب در نرم افزار ETABS

مدلسازی سازه مجهز به مهاربند کمانش تاب همانند مدلسازی سازه‌های متداول بوده و در تحلیل‌های خطی مهاربندهای کمانش تاب نیز با استفاده از المان Frame همانند مهاربندهای متداول مدل می‌شوند. در این مرحله مهاربندهای کمانش تاب را با یک مقطع دلخواه ترسیم کنید. در گام‌های بعدی نحوه تعریف و تخصیص مصالح و مقاطع مناسب جهت طراحی مهاربندهای کمانش تاب ارائه خواهد شد.

توجه شود که المان مهاربندهای کمانش تاب نیز باید همانند مهاربندهای متداول به صورت دو سر مفصلی (آزادسازی لنگر خمشی و پیچشی) مدل شوند. همچنین بر اساس بند F4.2 استاندارد AISC 341-16، در این نوع مهاربند تنها برون محوری حداکثر برابر با ارتفاع تیر قابل قبول است. نمای سه بعدی سازه مدلسازی شده در شکل زیر نشان داده شده است:



شکل ۴-۴: نمای سه بعدی سازه مدلسازی شده

#### ۴-۵- تعریف مشخصات مهاربندهای کمانش تاب در نرم افزار ETABS

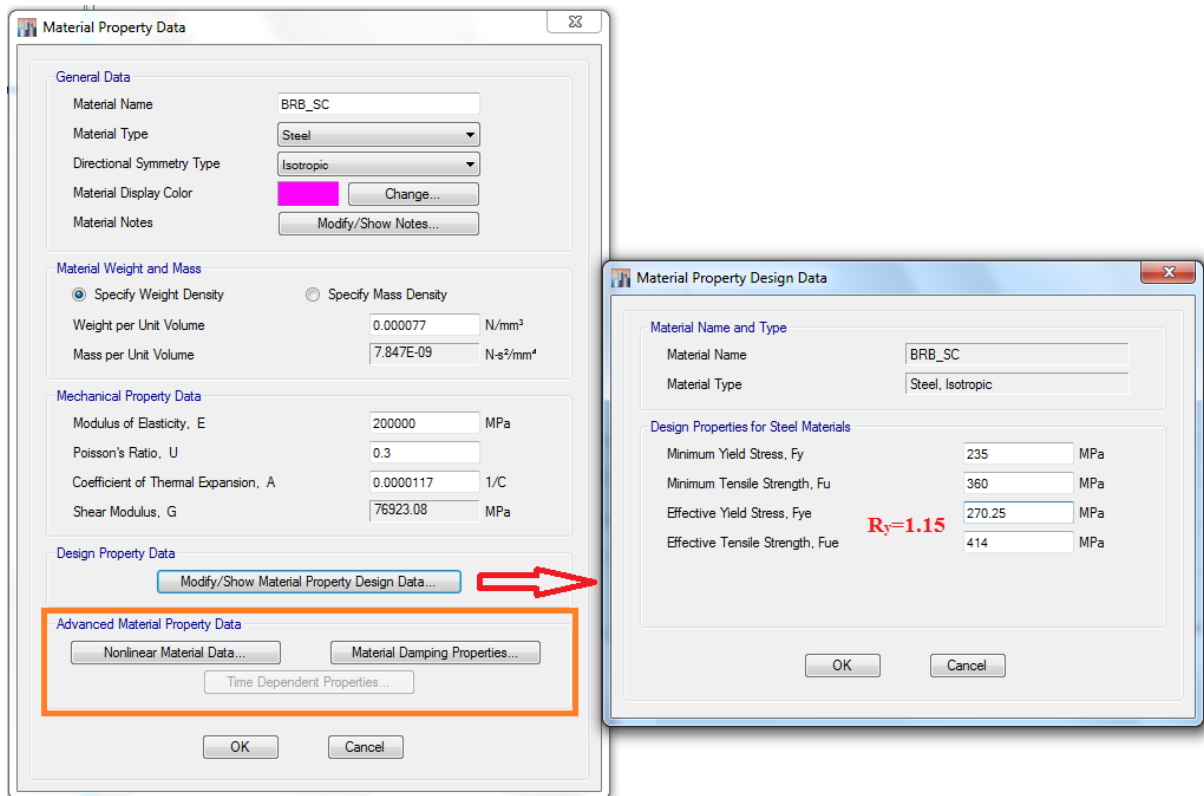
نرم افزار ETABS از ویرایش ۲۰۱۳ به بعد، مقطع المان مهاربند کمانش تاب را به صورت پیش فرض جهت مدلسازی به صورت خودکار دارد. این مقطع را می توانید از طریق دستور اضافه نمودن و یا وارد نمودن مقطع به نرم افزار در بخش تعریف مقاطع و انتخاب Buckling Restrained Brace انجام دهید. اما اعمال پارامترهای آن نیاز به دانش مهندسی بیشتری در زمینه مهاربندهای کمانش تاب دارد و لذا مطالبی که در ادامه ارائه شده است، با فرض استفاده از مقطع عادی مهاربندی است. توجه شود که این مسئله هیچ تغییری در نتایج ایجاد نمی کند و بسیاری از کنترل ها حتی در صورت استفاده از مقاطع پیش فرض برنامه نیز باید به صورت دستی انجام شود. اما در صورتیکه قصد انجام تحلیل های غیرخطی را دارید، اکیداً توصیه می شود که از مقطع Buckling Restrained Brace استفاده نمایید. جهت تعیین و اعمال مقادیر مرتبط با این مقطع به راهنمای غیرخطی این مجموعه مراجعه نموده و یا با بخش فنی شرکت پویا تدبیر ویرا تماس حاصل فرمایید.

#### ۴-۵-۱- تعریف مصالح فولادی هسته مهاربند کمانش تاب

فولاد مصرفی در هسته مهاربندی کمانش تاب تولیدی در هر کشور بستگی به مشخصات فولاد تولیدی در آن کشور و شرایط طراحی و ساخت ساز آن کشور دارد. به عنوان مثال فولاد مصرفی در مهاربندهای کمانش تاب تولید کشور امریکا اکثراً از نوع ASTM A36, JIS G 3136 SN400 B و یا تولیدات کشور نیوزلند از نوع G300 می باشد. مشخصات فولاد ASTM A36 که در برخی از کارخانه های ایران نیز تولید می شود، بسیار به فولاد S235JR (ST-37) نزدیک بوده ولی مقدار ازدیاد طول فولاد S235 قبل از پارگی بیشتر است. همچنین قیمت فولاد S235 نیز در مقایسه با فولاد A36 تولید داخل و یا وارداتی کمتر است. با این حال تغییرات در تنش جاری شدن فولادهای داخلی با رده S235 و S355 از فولادهای تولیدی داخلی با رده A36 بیشتر است.

بنابراین این مجموعه بنابر مشخصات منظور شده در طراحی سازه از طرف مشاور محترم پروژه، اقدام به ساخت مهاربندهای کمانش تاب خواهد نمود.

مشخصات فولاد مصرفی در هسته مهاربندهای کمانش تاب پروژه مورد بررسی به صورت زیر در نرم افزار ETABS اعمال شده است:



شکل ۴-۵: مشخصات فولاد مصرفی در هسته مهاربندهای کمانش تاب

توجه شود که به دلیل اینکه در زمان کنترل تیرها و ستون‌های دهانه مهاربندی، محاسبه و اعمال و نیروی نامتعادل کششی و فشاری به صورت دستی انجام می‌شود، لذا نیازی وارد کردن صحیح مقادیر مقاومت جاری شدن و نهایی قابل انتظار، با منظور نمودن ضریب  $R_y=1.15$ ، نمی‌باشد. اما به دلیل اینکه از این مقادیر در صورت انجام مقاوم‌سازی استفاده می‌شود، لذا پیشنهاد می‌شود که از ابتدا آنها درست وارد کنید. همچنین کلیه فولادهای مصرفی در محصولات این شرکت بر اساس ضوابط ارائه شده در بند K3 استاندارد AISC 341-16 آزمایش می‌شوند و بنابراین  $R_y=1.00$ . در زمان طراحی سازه اکیداً توصیه می‌شود که  $R_y=1.15$  منظور شود تا در زمان کنترل مجدد سازه پس از طراحی مهاربندها نیازی به تغییر مقاطع نباشد. نکته مهم دیگر این مطلب است که با توجه به اینکه تحلیل‌های منظور شده در این راهنما، همگی خطی هستند، لذا نیازی به تعریف مشخصات غیرخطی و میزان میرایی مصالح نمی‌باشد. اما در صورت انجام تحلیل‌های خطی باید این مقادیر به درستی تعریف شوند. این مسئله در راهنمای دیگر این مجموعه که مربوط به انجام تحلیل‌های غیرخطی است به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است و جهت تهیه راهنمای مدلسازی غیرخطی مهاربندهای کمانش تاب می‌توانید با دفتر فنی این مجموعه تماس بگیرید.

#### ۴-۵-۲- تعریف مشخصات مقطع مهاربند کمانش تاب

در زمان مدلسازی و طراحی مهاربندهای کمانش تاب باید سطح مقطع هسته فولادی مهاربند، مدل شده و

مقدار آن محاسبه شود. یکی از مزایای دیگر مهاربندهای کمانش تاب نسبت به مهاربندهای معمولی این مطلب است که امکان سفارشی سازی مساحت هسته مهاربند وجود دارد. به عبارت دیگر امکان ساخت مهاربند کمانش تاب برای هر مساحتی که برای هسته مهاربند از طرف مشاور پروژه ارائه شود، وجود دارد. اما بر اساس کتب مهندسی طراحی مهاربندهای کمانش تاب مقادیر گام افزایشی در مساحت هسته مهاربند به صورت زیر پیشنهاد می شود:

مقدار گام افزایشی در مساحت (cm <sup>2</sup> )	محدود مساحت هسته (cm <sup>2</sup> )
0.50	$7.0 \leq A_{sc} \leq 13.0$
1.50	$13.0 < A_{sc} \leq 40.0$
3.00	$40.0 < A_{sc} \leq 130.0$
6.00	$130.0 < A_{sc} \leq 340.0$
12.00	$340.0 < A_{sc}$

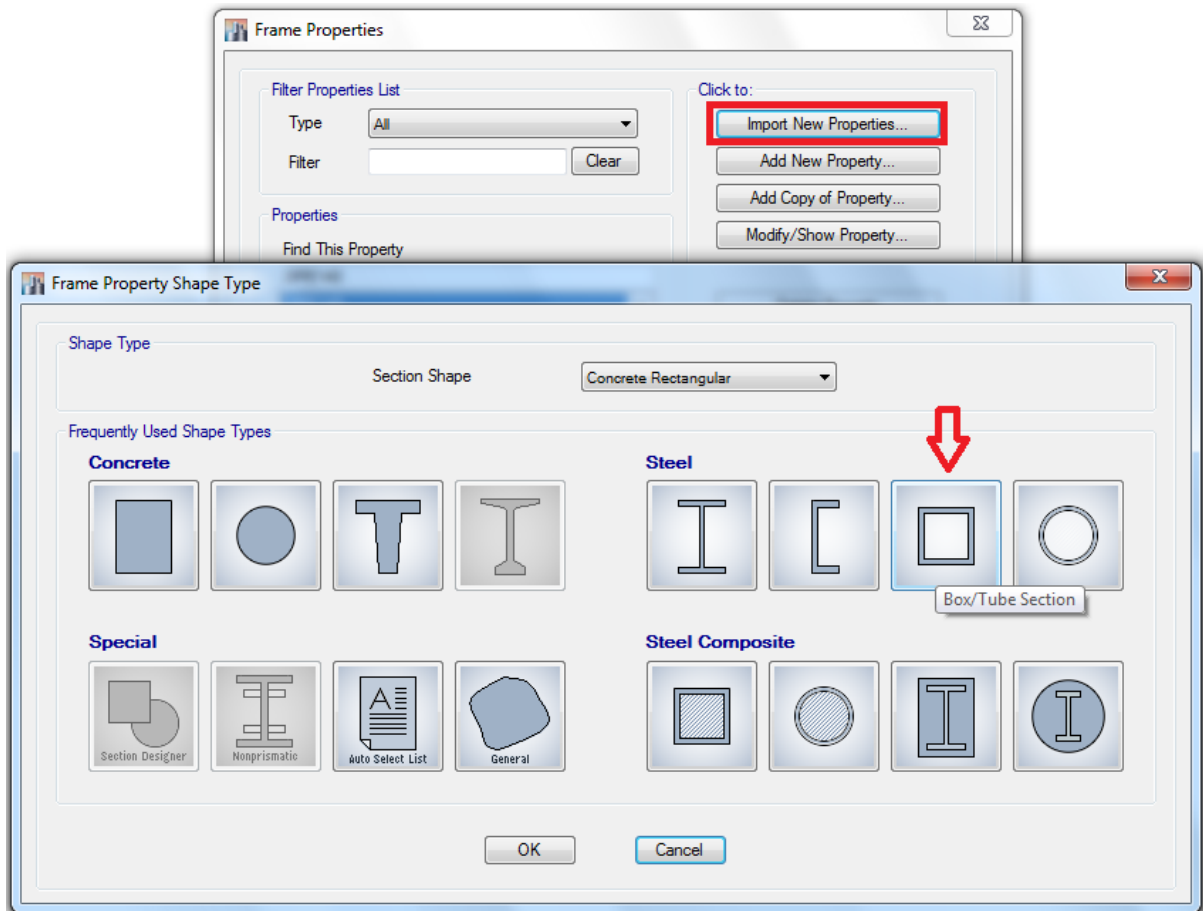
اما به منظور دستیابی به یک طرح بهینه، اکیداً توصیه می شود که از مقاطع پیشنهادی این شرکت استفاده کنید. این مقاطع به صورت فایل xml از سایت این شرکت قابل دانلود است.

با توجه به اینکه مهاربند کمانش تاب باید هم در کشش و هم در فشار جاری شود. جهت نیل به این هدف در نرم افزار باید مقطعی تعریف نمود مساحت آن برابر مساحت هسته مهاربند بوده و بقیه پارامترهای آن (مخصوصاً شعاع ژیراسیون در دو جهت) مقدار بزرگی باشد. همچنین توجه شود که در صورتیکه مقطع تعریف شده از نوع Box یا Pipe است، ضخامت آن نسبت به عرض آن مقدار بزرگی باشد، تا نرم افزار به اشتباه آنرا در زمره مقاطع غیرفشرده قرار نداده و ظرفیت محوری آنرا کاهش ندهد.

جهت استفاده از مقاطع پیش فرض تولیدی این شرکت، پس از دانلود فایل xml مقاطع تولیدی، که بر اساس نوع اتصال انتهایی مهاربند بهینه شده است، مراحل زیر را دنبال کنید:

Define>Section Properties>Frame Sections>Import New Properties>Steel>Box/Tube Section





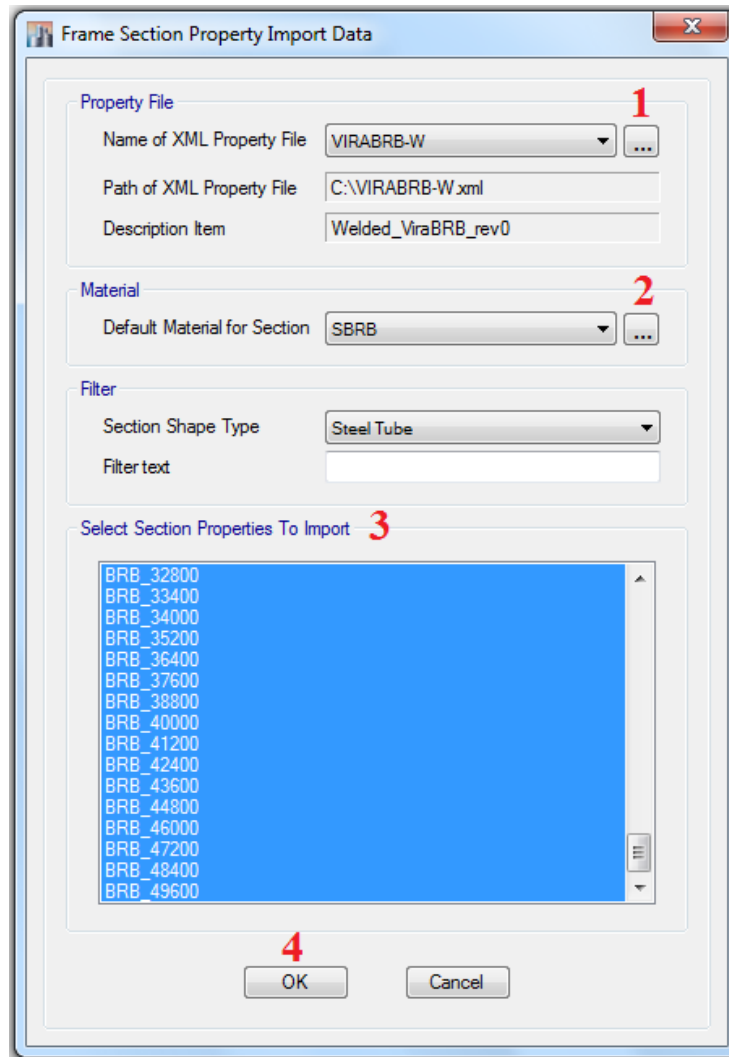
شکل ۴-۶: نحوه وارد کردن مقاطع مهاربند کمانش تاب در نرم افزار ETABS (۱)

در این مرحله فایل xml مقاطع را انتخاب کرده و اطمینان حاصل کنید مشخصات مصالح همانند مصالح تعریف شده در گام قبلی انتخاب شود. مقاطع مورد نیاز را از محل مشخص شده انتخاب نموده و بر روی دکمه تایید کلیک کنید. اعداد نشان داده شده در جلوی هر مقطع نشان دهنده مساحت هسته فولادی مهاربند در واحد میلیمتر مربع ( $\text{mm}^2$ ) است. همچنین بعد خارجی مقطع Box نشان دهنده عرض غلاف فولادی پیرامونی مورد نیاز برای یک مهاربند کمانش تاب به طول تقریبی ۷ متر است. جهت اطلاع از بعد غلاف برای طول های دیگر یا از برنامه صفحه گسترده این شرکت استفاده کنید و یا با ما تماس بگیرید.

توجه نمایید که در صورتیکه تمایل دارید که از برنامه صفحه گسترده این شرکت استفاده نمایید، حتماً مقطع "BRB\_1000" در برنامه ETABS وارد نموده و حتی در صورت عدم استفاده از این مقطع، آنرا

پاک نکنید.

سپس یک مقطع Auto Select با نام دلخواه ساخته و مقاطع وارد شده را در داخل آن قرار دهید.



شکل ۴-۷: نحوه وارد کردن مقاطع مهاربند کمانش تاب در نرم‌افزار ETABS (۲)

پس از ساخت و وارد نمودن مقاطع مورد نیاز، مهاربندهای کمانش تابی که باید طراحی شوند را انتخاب کنید و از طریق منوی یر مقاطع تعریف شده را به آنها اختصاص دهید:

Assign>Frame>Section Property...

توجه داشته باشید که وزن مهاربند فقط به اندازه مساحت هسته فولادی در تحلیل‌ها وارد می‌شود که با وزن واقعی مهاربندها تفاوت دارد، ولی با توجه به اینکه وزن خود مهاربندها در مقابل وزن کل ساختمان ناچیز، این اختلاف مشکلی ایجاد نمی‌کند.

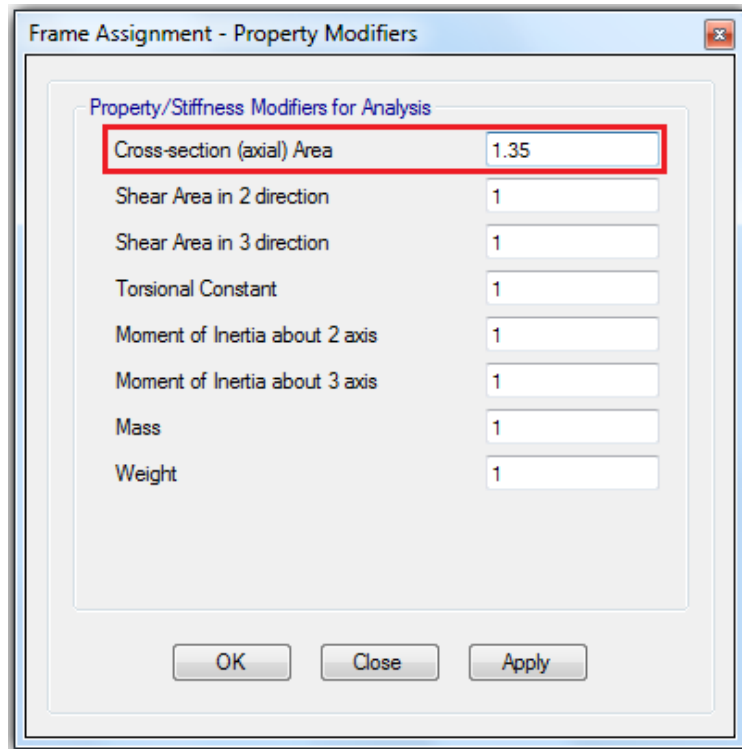
#### ۴-۶- اختصاص ضریب اصلاح سختی محوری مهاربندها

همانطور که در بخش‌های قبلی عنوان سختی واقعی مهاربند کمانش تاب در مقایسه سختی مهاربند مدل شده در نرم‌افزار تفاوت داشته و جهت مدلسازی صحیح باید که ضریب اصلاح سختی بر اساس معادله شماره

۴ به مهاربندها باید اختصاص یابد.

جهت انجام این مطلب پس از انتخاب مهاربندهای مورد نظر، از منوی زیر ضریب اصلاح سختی محوری محاسبه شده را می‌توان به هر مهاربند اختصاص داد:

Assign>Frame>Properties Modifiers...



شکل ۴-۸: اختصاص ضریب اصلاح سختی مهاربندهای کمانش تاب

جهت تخمین ضریب اصلاح سختی،  $KF$ ، از نرم‌افزار صفحه گسترده این مجموعه استفاده کرده و یا با ما تماس بگیرید. همچنین به عنوان یک تخمین اولیه مناسب می‌توانید از مقدار  $KF=1.35$  استفاده نمایید.

توجه شود که ممکن است پس از طراحی نهایی مهاربندهای کمانش تاب توسط این مجموعه، ضریب اصلاح سختی منظور شده توسط مشاور با مقدار دقیق محاسبه شده تفاوت داشته باشد. بنابراین در زمان کنترل تغییرمکان جانبی نسبی طبقات و کرنش پلاستیک هسته مهاربند، باید درصدی تغییرات در سختی مهاربندها در نظر بگیرید و به عبارت دیگر از سختی حد پایین مهاربندها استفاده نمایید.

همچنین پیشنهاد می‌شود که در زمان تعیین نیروهای وارد بر مهاربندها نیز باید درصدی تغییر در سختی مهاربندها در نظر بگیرید و به عبارت دیگر از سختی حد بالای مهاربندها استفاده نمایید.

مقدار پیشنهادی جهت منظور نمودن این تغییرات بر اساس راهنمای طراحی لرزه‌ای AISC برابر  $\pm 10\%$  است. این مسئله در بخش‌های بعدی بیشتر توضیح داده می‌شود.

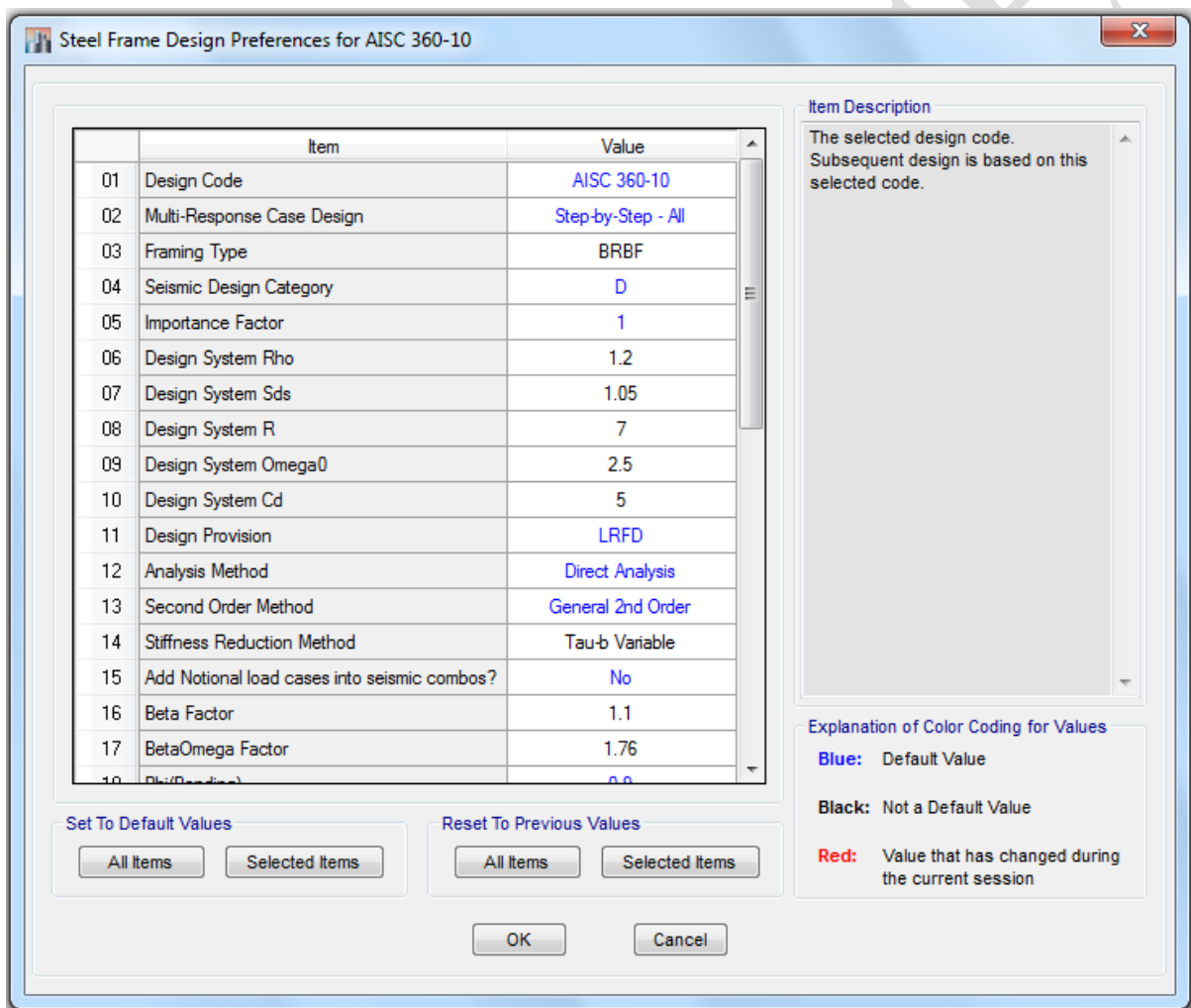
$$KF_{Drift - Core Strain} = 0.9 \times KF$$

$$KF_{Brace Force} = 1.1 \times KF$$

#### ۷-۴- تعریف پارامترهای طراحی

آیین‌نامه مناسب جهت طراحی سازه مجهز به مهاربند کمانش تاب، استاندارد AISC 360 است. پارامترهای طراحی سازه مجهز به مهاربند کمانش تاب باید بر اساس پارامترهای طراحی بقیه سازه‌ها و با اصلاحات زیر انجام شود. جهت تخصیص این پارامترهای از منوی زیر اقدام کنید:

Design>Steel Frame Design>View/Revise Preferences...



شکل ۴-۹: پارامترهای آیین‌نامه طراحی سازه مجهز به مهاربندهای کمانش تاب

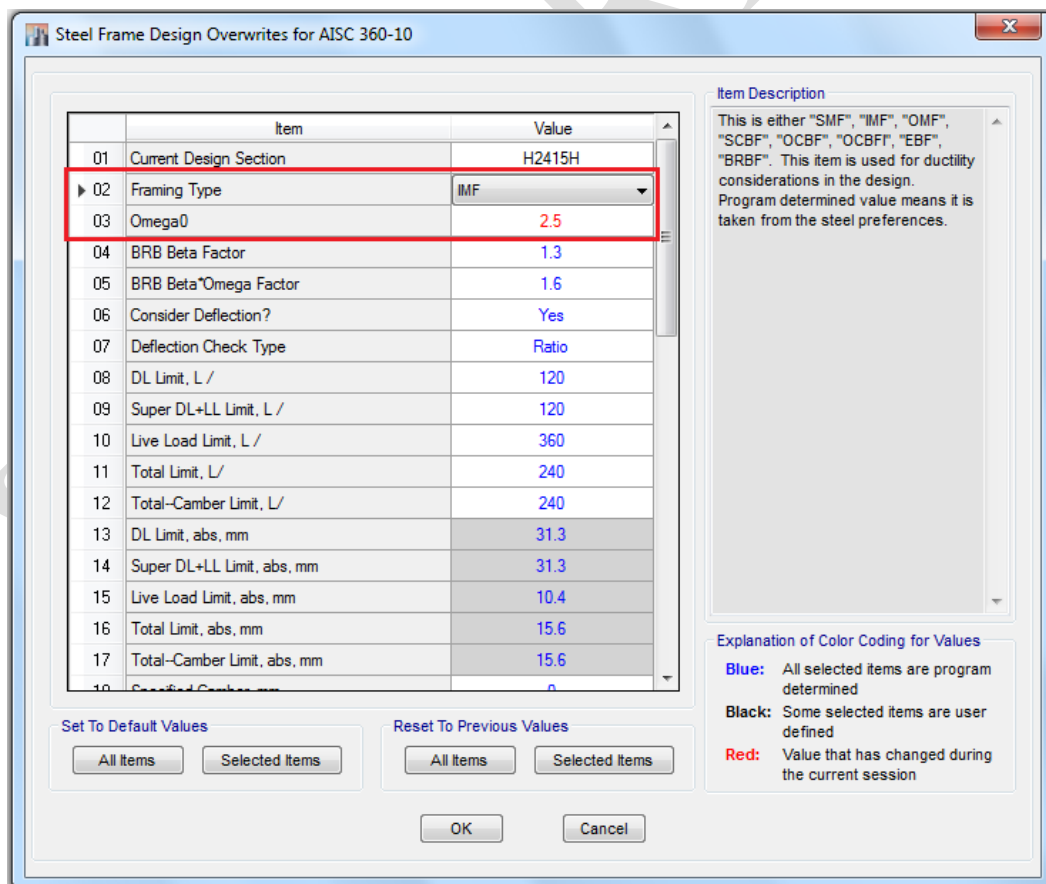
نوع استاندارد طراحی بر روی AISC 360-10 و حالت طراحی بر اساس LRFD باشد. نوع قاب بر روی BRBF قرار داده شده و کنترل گردد که ضریب اضافه مقاومت برابر  $\Omega_0=2.5$  باشد. ضریب اهمیت، ضریب نامعینی، ضریب منظور نمودن بار مرده در زلزله قائم، ضریب رفتار و ضریب بزرگنمایی تغییرشکل بر اساس

مقادیر محاسبه شده منظور شود. بقیه پارامترهای همانند سازه‌های متداول می‌باشد.

توجه شود که نرم‌افزار ETABS دو پارامتر ضریب اضافه مقاومت فشاری،  $\beta$ ، و ضریب اضافه مقاومت فشاری در ضریب سخت‌شدگی کرنشی،  $\beta\omega$ ، را نیز می‌گیرد، ولی هیچ کنترلی با استفاده از آنها انجام نمی‌دهد. پس از مقادیر پیش فرض مناسب برای ایران استفاده کنید،  $\beta=1.1$  و  $\beta\omega=1.6 \times 1.1=1.76$ .

توجه شود که در صورت استفاده از استاندارد AISC 360-10، مقاطع تیرها و ستون‌ها باید از نوع با فشرده لرزهای با شکل‌پذیری بالا باشد در غیر اینصورت نرم‌افزار آنها را به درستی طراحی نمی‌کند. اما همانطور که عنوان شد در ویرایش جدید استاندارد طراحی لرزهای امریکا، AISC 341-16، مقاطع تیرها و ستون‌ها می‌تواند از نوع فشرده لرزهای با شکل‌پذیری متوسط باشد. با توجه به اینکه این استاندارد در حال حاضر وارد برنامه ETABS نشده است، لذا در صورتیکه می‌خواهید از این استاندارد استفاده کنید، تیرها و ستون‌ها را انتخاب کرده و به صورت دستی و با استفاده از منوی زیر نوع قاب را بر روی قاب خمشی با شکل‌پذیری متوسط، IMF، قرار دهید. همچنین اکیداً توصیه می‌شود که یکبار همه ستون‌ها را انتخاب کرده و با استفاده از منوی زیر ضریب اضافه مقاومت را به صورت دستی بر روی عدد قرار دهید  $\Omega_0=2.5$ .

Design>Steel Frame Design>View/Revise Overwrites...



شکل ۴-۱۰: اصلاح پارامترهای طراحی تیرها و ستون‌های سازه مجهز به مهاربندهای کمانش تاب

#### ۴-۸- طراحی اولیه سازه و کنترل نیروی مهاربندهای کمانش تاب

طراحی اعضاء باربر ثقلی سازه مجهز به کمانش تاب همانند طراحی اعضاء باربر ثقلی سازه‌های متداول است. همچنین طراحی اولیه تیرها و ستون‌های لرزه‌بر و مهاربندهای کمانش تاب همانند یک سازه مجهز به مهاربند همگرای با شکل‌پذیری ویژه است. در صورت تعریف درست پارامترهای طراحی و مقاطع ستون‌ها، کنترل ستون‌ها تحت اثر زلزله تشدید یافته به صورت خودکار توسط نرم‌افزار انجام می‌شود.

توجه شود که در صورت مدلسازی درست و تعریف صحیح مقاطع مهاربندهای کمانش تاب ظرفیت کششی و فشاری مهاربندهای کمانش تاب باید برابر یکدیگر باشد. جهت کنترل این مطلب می‌توانید موارد زیر را برای هر مهاربند از بخش جزئیات طراحی آن کنترل نمایید:

۱- مقطع از نوع شکل‌پذیری زیاد (Seismic HD) طبقه‌بندی شده باشد:

ETABS 2015 Steel Frame Design							
AISC 360-10 Steel Section Check (Strength Summary)							
Element Details							
Level	Element	Unique Name	Location (mm)	Combo	Element Type	Section	Classification
Story1	D9	200	0	DSTLS46	Buckling-Restrained Braced Frame	BRB <sub>9720</sub>	Seismic HD

۲- مساحت مقطع برابر مساحت هسته فولادی و بقیه مشخصات مقطع، مخصوصاً شعاع ژیراسیون در هر دو جهت، مقدار بزرگی داشته باشد:

Section Properties						
A (mm <sup>2</sup> )	J (mm <sup>4</sup> )	I <sub>33</sub> (mm <sup>4</sup> )	I <sub>22</sub> (mm <sup>4</sup> )	A <sub>v3</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>v2</sub> (mm <sup>2</sup> )	
9720	1E+25	1E+25	1E+25	22400	22400	
Design Properties						
S <sub>33</sub> (mm <sup>3</sup> )	S <sub>22</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>33</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>22</sub> (mm <sup>3</sup> )	r <sub>33</sub> (mm)	r <sub>22</sub> (mm)	C <sub>w</sub> (mm <sup>6</sup> )
1E+25	1E+25	1E+25	1E+25	1E+25	1E+25	

۳- طراحی بر اساس ظرفیت محوری در طراحی مهاربند حاکم باشد.

۴- ظرفیت محوری مهاربند در کشش و فشار با یکدیگر برابر بوده و مقدار آنها باید تقریباً برابر با  $\phi A_{sc} F_{ysc}$  باشد:

Axial Force and Capacities		
$P_u$ Force (kN)	$\phi P_{nc}$ Capacity (kN)	$\phi P_{nt}$ Capacity (kN)
1969.3467	2058.9258	2058.9258

$$\phi A_{sc} F_{ysc} = 0.9 \times 9720 \times 0.2354 = 2059.28 \text{ kN}$$

کنترل تغییرمکان جانبی سازه باید با منظور نمودن کلیه ضوابط ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، مبحث دهم و نهم مقررات ملی ساختمان و همانند سازه‌ها متداول کنترل شود. در صورت عدم پاسخگویی مساحت هسته فولادی افزوده شود تا تغییرمکان جانبی نسبی در محدود مجاز قرار گیرد.

#### ۴-۹- کنترل نیرویی و تغییرشکلی مهاربندهای کمانش تاب

همانطور که عنوان شد، علاوه بر کنترل ظرفیت نیرویی هسته مهاربند کمانش تاب، کرنش پلاستیک ایجاد شده در هسته نیز باید کنترل شود، و با استفاده از این کرنش نیروی طراحی قاب مجهز به مهاربند کمانش تاب بر اساس نیروهای کششی و فشاری مهاربند تعیین شود.

جهت نیل به این هدف یا باید به صورت دستی و بر اساس ضوابط ارائه شده در بخش‌های قبلی اقدام نمود، و یا باید از نرم‌افزار صفحه گسترده این شرکت استفاده نمود. توجه شود که این نرم‌افزار کاملاً رایگان بوده و تا ابد نیز رایگان خواهد ماند. تنها دلیل کدگذاری آن به منظور جلوگیری از سوءاستفاده افراد سودجو در فروش آن در سایت‌های خود می‌باشد.

پس از دانلود برنامه، فرم درخواست کد فعالسازی تکمیل و آنرا برای ما ارسال نمایید تا کد فعالسازی برنامه برای شما ارسال شود. هیچ محدودیتی در دریافت تعداد کد فعالسازی برای هر شخص یا شرکتی وجود ندارد. به منظور استفاده از آخرین نتایج طراحی این شرکت همواره برای هر پروژه جدید و یا اصلاح پروژه‌های قبلی، آخرین ویرایش این برنامه را از سایت ما دانلود کنید. کد فعالسازی ویرایش‌های قبلی نیز برای ویرایش‌های جدید قابل استفاده است.

این برنامه مدل نرم‌افزار ETABS ویرایش‌های ۲۰۱۳ به بعد را به صورت خودکار از روی فایل Access خوانده و تنها نیروها و تغییرشکل‌ها باید به صورت دستی وارد شود. همچنین فرض این برنامه بر استفاده از مقاطع پیش فرض تولیدی این شرکت است، در صورت استفاده از مقاطع دیگر و به منظور وارد نمودن به برنامه با بخش فنی شرکت پویا تدبیر ویرا تماس حاصل فرمایید.

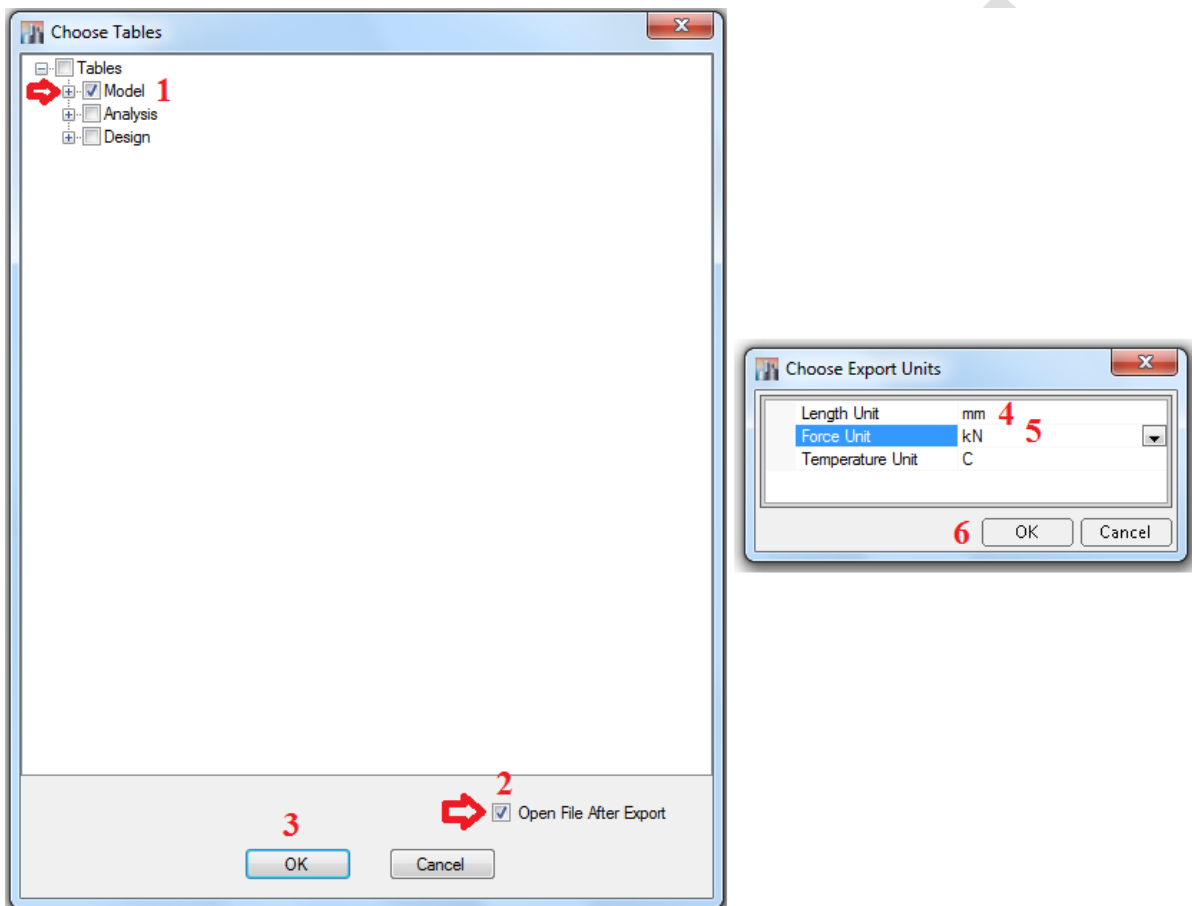
مراحل استفاده از برنامه فوق به صورت زیر است:

#### ۴-۹-۱- ایجاد فایل Access ورودی به برنامه و فراخوانی مدل در نرم افزار صفحه گسترده

مدل سازه توسط برنامه به صورت خودکار از روی فایل فایل Access خوانده می‌شود. جهت ساخت فایل مذکور در محیط برنامه ETABS مراحل زیر را طی کنید:

File>Export>ETABS Tables to Access...

از منوی باز شده گزینه Model و Open File After Export را انتخاب نموده و در پنجره باز شده واحدهای mm و kN را انتخاب کنید:



شکل ۴-۱۱: مراحل ساخت فایل Access از برنامه ETABS

پس از این مرحله یک آدرس برای فایل خروجی انتخاب کنید (ترجیحاً در آدرس ارائه شده اسم فارسی نباشد) و منتظر شوید تا فایل مذکور در محیط برنامه Microsoft Access باز شود. پس از این مرحله برنامه Access را ببندید و وارد محیط برنامه صفحه گسترده طراحی مهاربندها شود.

در محیط Excel پس از اطمینان از زدن دکمه **Enable Content** وارد صفحه BRB Data شوید. در این صفحه بر روی دکمه Import در بالای صفحه کلیک کنید و در پنجره باز شده، فایل Access ساخته شده را انتخاب نموده و بر روی دکمه Open کلیک نمایید:

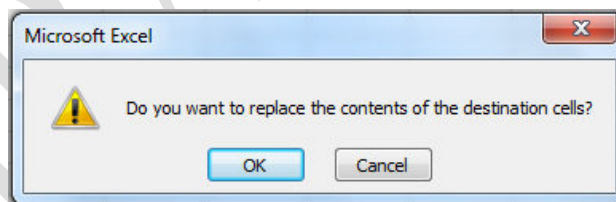


The screenshot shows the 'Please select your input file' dialog box in Excel. The file '4Story-BRBF' is selected. In the background, the 'Brace Location & Geometry' table is visible, containing columns for Story, Grid, Label, Unique Name, Section, End I, End J, H, L, L<sub>up</sub>, Brace Type, L<sub>b</sub>, and θ to Axis.

Story	Grid	Label	Unique Name	Section	End I			End J			H (mm)	L (mm)	L <sub>up</sub> (mm)	Brace Type	L <sub>b</sub> (mm)	θ to Axis (deg)	C <sub>b</sub> (k)			
					Name	X	Y	Z	Name	X								Y	Z	
Story3	Roof	1-B/1-C	D10	385	BRB_4320	59	0	13000	11750	127	0	6500	15500	3750	6500	7504	Chevron	4652	90	84
Story3	Roof	5-B/5-C	D12	386	BRB_4320	75	38000	13000	11750	134	38000	6500	15500	3750	6500	7504	Chevron	4652	90	84
Story3	Roof	-A/2-A	D15	389	BRB_2350	316	14250	19500	11750	102	9500	19500	15500	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	48
Story3	Roof	-A/3-A	D16	390	BRB_2350	316	14250	19500	11750	103	19000	19500	15500	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	47
Story3	Roof	-D/3-D	D17	391	BRB_2350	378	23750	0	11750	100	19000	0	15500	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	47
Story3	Roof	-D/4-D	D18	392	BRB_2350	378	23750	0	11750	101	28500	0	15500	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	48
Story2	Story3	1-C/1-B	D9	199	BRB_6720	56	0	6500	8000	59	0	13000	11750	3750	6500	7504	Chevron	4652	90	13
Story2	Story3	5-C/5-B	D11	208	BRB_6720	72	38000	6500	8000	75	38000	13000	11750	3750	6500	7504	Chevron	4652	90	13
Story2	Story3	2-A/1-A	D13	221	BRB_4620	16	9500	19500	8000	316	14250	19500	11750	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	95
Story2	Story3	3-A/1-A	D14	222	BRB_4620	20	19000	19500	8000	316	14250	19500	11750	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	95
Story2	Story3	3-D/1-D	D19	229	BRB_4620	7	19000	0	8000	378	23750	0	11750	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	96
Story2	Story3	4-D/1-D	D20	230	BRB_4620	11	28500	0	8000	378	23750	0	11750	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	96
Story1	Story2	1-B/1-C	D10	201	BRB_8520	61	0	13000	4250	56	0	6500	8000	3750	6500	7504	Chevron	4652	90	16
Story1	Story2	5-B/5-C	D12	204	BRB_8520	77	0	13000	4250	72	38000	6500	8000	3750	6500	7504	Chevron	4652	90	17
Story1	Story2	-A/2-A	D15	223	BRB_4620	320	0	19500	4250	16	9500	19500	8000	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	94
Story1	Story2	-A/3-A	D16	224	BRB_4620	320	0	19500	4250	20	19000	19500	8000	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	93

### شکل ۴-۱۲: نحوه وارد نمودن فایل Access به برنامه Excel

در زمان وارد نمودن فایل با پیغام زیر روبرو می‌شوید، در این مرحله بر روی دکمه OK کلیک کنید تا شماره مهاربندهای مدل جدید جایگزین شماره مهاربندهای مدل قبلی شود:



سپس از صفحه BRB Data، استاندارد طراحی (Design Code)، منظمی و یا نامنظمی در پلان (Horizontal Irregularity)، منظمی و یا نامنظمی در ارتفاع (Vertical Irregularity)، و در صورت اینکه پروژه مورد نظر مقاوم‌سازی باشد سطح عملکرد (Performance Level)، و سطح خطر (Level of Seismicity) مورد نظر را انتخاب نمایید.

در صورتیکه پروژه مورد نظر طراحی یک سازه جدید بر اساس ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ است، استاندارد طراحی را بر روی ASCE 7 قرار دهید، و در صورتیکه پروژه در حال انجام یک پروژه مقاوم‌سازی است، استاندارد طراحی را بر روی ASCE 41 قرار دهید.

نکته دیگر اینکه اگر سازه هم در پلان و هم در ارتفاع منظم (Regular) باشد، تغییرشکل هسته مهاربندها بر اساس تغییرمکان جانبی مرکز جرم طبقه محاسبه می‌شود. در غیر اینصورت، اگر در پلان و یا در ارتفاع، نامنظم (Irregular) باشد، تغییرشکل هسته مهاربند بر اساس تغییرمکان گره‌های بالایی و پایینی مهاربند محاسبه می‌شود. همچنین در زمان تعیین تغییرشکل جانبی واقعی سازه از تقسیم تغییرشکل بر ضریب اهمیت لرزه‌ای صرفه نظر شده و بنابراین ضریب اهمیت برابر واحد منظور می‌شود. در صورتیکه تمایل به اعمال آن بر اساس ضوابط ASCE 7 دارید، مقدار ضریب اهمیت لرزه‌ای،  $I_e$ ، در سلول مورد نظر وارد نمایید. در صورتیکه یک سمت مهاربندها در Reference Plane واقع شده است، باید تراز این نقاط را به صورت دستی در انتهای ستون C و اسم آنرا در انتهای ستون G صفحه "Story Data" وارد نمایید.

#### ۴-۹-۲- وارد نمودن نیروی وارد بر مهاربندها در نرم افزار صفحه گسترده

جهت کنترل نسبت نیاز به ظرفیت نیرویی وارد بر مهاربندها لازم است که نیروهای وارد بر مهاربندها از برنامه ETABS در صفحات مربوطه کپی شود. در این راستا باید گام‌های زیر به ترتیب انجام شود:

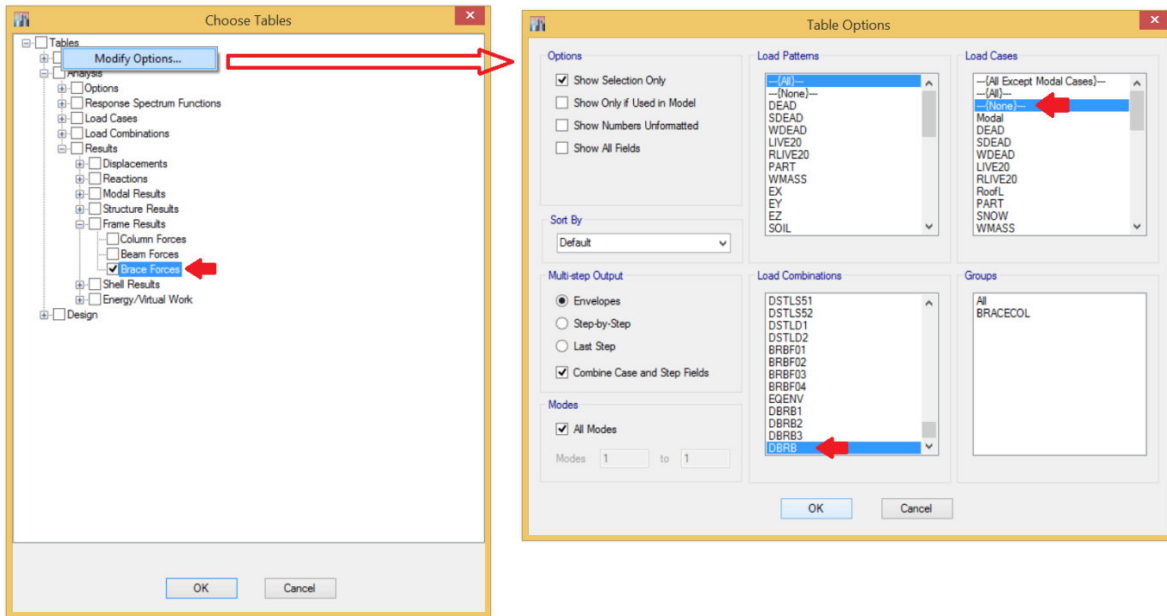
۱- با توجه به اینکه نیروهای وارد بر این اعضاء زمانی در بدترین حالت قرار دارد که سختی‌ها آنها در بیشترین حالت خود باشد، لذا ضریب اصلاح سختی محوری مهاربندها در زمان تعیین نیروهای وارده بر آن باید در مقدار حد بالایی خود باشد. در این راستا باید ضریب اصلاح سختی مهاربندها به میزان پیشنهادی منابع طراحی، حداقل به میزان ۱۰٪ افزایش داده ( $KF_{BraceForce} = 1.1 \times KF$ ) و این ضریب سختی جدید را به مهاربندها اختصاص دهید. این مسئله در حالتیکه قاب‌های سازه با اتصال مفصلی است تاثیری در نتایج ندارد، ولی در صورت استفاده از قاب‌های خمشی با اتصالات گیردار، نیازهای وارد بر مهاربندها افزایش خواهد یافت.

۲- یک ترکیب بار جدید باید تعریف نموده که در بردارنده پوش (Envelope) ترکیبات بارگذاری بحرانی طراحی باشد (این ترکیب بار در اینجا تحت عنوان DBRB تعریف شده است).

۳- پس از تحلیل و انجام همپایه سازی برش پایه در صورت انجام تحلیل طیفی، کلیه المان‌های مهاربندهای کمانش تاب را انتخاب نموده و با انتخاب واحد kN برای نیرو از طریق منوی زیر جدول مربوط به نیروهای وارد بر مهاربندها را برای ترکیب بار تعریف شده بدست آورید:

Display>Show Tables...>Analysis>Results>Brace Forces

جهت انتخاب ترکیب بار مورد نظر در صفحه Choose Tables بر روی گزینه Tables کلیک راست کنید و از گزینه Modify Options... تنها ترکیب بار انتخاب شده را از زیر بخش Load Combinations انتخاب کنید.



شکل ۴-۱۳: نحوه ایجاد جدول نیروهای مهاربندها از نرم‌افزار ETABS

پس از این انجام این مراحل جدول مربوط به نیروهای مهاربندها در پایین صفحه نمایش داده می‌شود. در اینجا لازم است که با استفاده از قابلیت فیلتر کردن جدول نتایج در محیط نرم‌افزار ETABS نیروهای حداکثر (Max) در ایستگاه (Station) 0 را در صفحه Brace Forces-MAX و نیروهای حداقل (Min) در ایستگاه (Station) 0 را در صفحه Brace Forces-MIN وارد نمایید. جهت حذف نیروهای موجود در این صفحات از مدل قبلی، می‌توانید بر روی دکمه Clear All کلیک نمایید.

Story	Brace	Unique Name	Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
				mm	kN	kN	kN	kN-mm	kN-mm	kN-mm
Roof	D10	385 DBRB Max	0	867.9446	-0.9727	0	0	0	0	0
Roof	D12	386 DBRB Max	0	885.9991	-0.9727	0	0	0	0	0
Roof	D15	389 DBRB Max	0	416.4284	-0.3867	0	0	0	0	0
Roof	D16	390 DBRB Max	0	419.968	-0.3867	0	0	0	0	0
Roof	D17	391 DBRB Max	0	424.2926	-0.3867	0	0	0	0	0
Roof	D18	392 DBRB Max	0	419.1017	-0.3867	0	0	0	0	0
Story3	D9	199 DBRB Max	0	1360.8131	-1.5132	0	0	0	0	0
Story3	D11	208 DBRB Max	0	1395.684	-1.5132	0	0	0	0	0
Story3	D13	221 DBRB Max	0	618.7268	-0.8096	0	0	0	0	0
Story3	D14	222 DBRB Max	0	615.1484	-0.8096	0	0	0	0	0
Story3	D19	229 DBRB Max	0	622.9005	-0.8096	0	0	0	0	0

شکل ۴-۱۴: وارد نمودن نیروهای حداکثری مهاربندها از نرم‌افزار ETABS به صفحه مربوطه

BRB Check-PN 04-05-2017 - Microsoft Excel

Story	Brace	Unique Name	Load Case/Combo	Station mm	P kN	V2 kN	V3 kN	T kN-mm	M2 kN-mm	M3 kN-mm
Roof	D10	385 DBRB Min	0	0	-867.8592	-1.297	0	0	0	0
Roof	D12	386 DBRB Min	0	0	-892.2674	-1.297	0	0	0	0
Roof	D15	389 DBRB Min	0	0	-495.2556	-0.5156	0	0	0	0
Roof	D16	390 DBRB Min	0	0	-489.4009	-0.5156	0	0	0	0
Roof	D17	391 DBRB Min	0	0	-493.297	-0.5156	0	0	0	0
Roof	D18	392 DBRB Min	0	0	-502.2679	-0.5156	0	0	0	0
Story3	D9	199 DBRB Min	0	0	-1376.6127	-2.0175	0	0	0	0
Story3	D11	208 DBRB Min	0	0	-1403.7097	-2.0175	0	0	0	0
Story3	D13	221 DBRB Min	0	0	-978.5876	-1.0794	0	0	0	0
Story3	D14	222 DBRB Min	0	0	-984.3129	-1.0794	0	0	0	0
Story3	D19	229 DBRB Min	0	0	-996.6547	-1.0794	0	0	0	0

شکل ۴-۱۵: وارد نمودن نیروهای حداقلی مهاربندها از نرم افزار ETABS به صفحه مربوطه

#### ۴-۹-۳- وارد نمودن تغییر شکل های سازه در نرم افزار صفحه گسترده

علاوه بر کنترل تغییر مکان جانبی سازه، جهت کنترل کرنش پلاستیک وارد بر هسته فولادی و در نتیجه تعیین نیروهای نامتعادل طراحی قاب های اطراف مهاربندهای کمانش تاب نیاز به تعیین تغییر مکان جانبی و اعمال آن در نرم افزار صفحه گسترده است. در این راستا باید گام های زیر به ترتیب انجام شود:

۱- با توجه به اینکه تغییر مکان جانبی زمانی در بدترین حالت قرار دارد که سختی مهاربندها در کمترین حالت خود باشد، لذا ضریب اصلاح سختی محوری مهاربندها در زمان تعیین تغییر مکان جانبی وارده بر آن باید در مقدار حد پایینی خود باشد. در این راستا باید ضریب اصلاح سختی مهاربندها به میزان پیشنهادی منابع طراحی، حداقل به میزان ۱۰٪ کاهش داده (  $KF_{BraceForce} = 0.9 \times KF$  ) و این ضریب سختی جدید را به مهاربندها اختصاص دهید.

۲- در صورت استفاده از روش تحلیل مستقیم در تعیین مقاومت اعضاء، بر اساس ضوابط استانداردهای طراحی (بند C2.3 استاندارد AISC 360-10&16 و تبصره بند ۱۰-۲-۱-۵-۱-۲-۱ ویرایش ۹۲ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان)، کاربرد سختی کاهش یافته تنها در تعیین مقاومت اعضاء بوده و جهت تعیین تغییر مکان جانبی و تغییر شکل های اعضاء سازه ای نباید از ضرایب کاهش سختی استفاده نمود. در نتیجه لازم است که از طریق منوی زیر، روش کاهش سختی را بر روی بدون تغییر (No Modification) قرار داده، سازه را ابتدا تحلیل نموده و بر روی دکمه طراحی اعضاء

فولادی کلیک نمایید تا ضریب اصلاح سختی اعضاء به ۱٫۰ تبدیل شود، سپس سازه را مجدداً تحلیل نمایید تا سختی‌های اصلاح شده در تحلیل‌ها وارد شود.

Design>Steel Frame Design>View/Revise Preferences...>

12	Analysis Method	Direct Analysis
13	Second Order Method	General 2nd Order
14	Stiffness Reduction Method	No Modification

پس از این تحلیل در صورت انجام تحلیل‌های طیفی باید اقدام به همپایه‌سازی مقدر برش پایه نمایید و در نهایت امکان استخراج تغییرمکان‌های جانبی فراهم می‌شود. شایان ذکر است که همانند دیگر سیستم‌های سازه‌ای باید دیگر الزامات ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، همچون بندهای ۳-۳-۲-۳، ۳-۳-۳-۳، ۳-۳-۳-۳ و ۴-۵-۳-۳ نیز در تعیین تغییرمکان جانبی رعایت گردد.

۳- در صورتیکه سازه مورد نظر هم در پلان و هم در ارتفاع منظم باشد، این امکان وجود دارد که کرنش هسته فولادی مهاربندها بر اساس تغییرمکان جانبی مرکز جرم طبقات محاسبه شود. جهت اعمال این مسئله باید تغییرمکان جانبی الاستیک مرکز جرم طبقات را در جهت X و Y (جهت اصلی ساختمان) به ترتیب در صفحات “Diaphragm CM Displacement-EQX” و “Diaphragm CM Displacement-EQY” وارد نمایید. جهت حذف داده‌های موجود در این صفحات از مدل قبلی، می‌توانید بر روی دکمه Clear All کلیک نمایید.

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX mm	UY mm	RZ rad	Point	X mm	Y mm	Z mm
Roof	D1	SPECX Max	34.13	0.031	0.000112	212	18868.4	9819.87	15500
Story3	D1	SPECX Max	24.017	0.018	8.00E-05	213	18928.36	9803.14	11750
Story2	D1	SPECX Max	16.051	0.011	5.10E-05	214	18928.82	9793.3	8000
Story1	D1	SPECX Max	7.005	0.005	2.40E-05	215	18928.28	9805.57	4250

شکل ۴-۱۶: وارد نمودن تغییرمکان جانبی مرکز جرم طبقات در جهت X از نرم‌افزار ETABS به صفحه مربوطه

Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX mm	UY mm	RZ rad	Point	X mm	Y mm	Z mm
Roof	D1	SPECY Max	0.026	45.41	0.00021	212	18868.4	9819.87	15500
Story3	D1	SPECY Max	0.016	32.9	0.00015	213	18928.36	9803.14	11750
Story2	D1	SPECY Max	0.01	20.86	9.6E-05	214	18928.82	9793.3	8000
Story1	D1	SPECY Max	0.005	10.17	4.5E-05	215	18928.28	9805.57	4250

شکل ۴-۱۷: وارد نمودن تغییرمکان جانبی مرکز جرم طبقات در جهت Y از نرم افزار ETABS به صفحه مربوطه

۴- در صورتیکه سازه مورد نظر در پلان و یا در ارتفاع نامنظم باشد، کرنش هسته فولادی مهاربندها باید بر اساس تغییرمکان جانبی گره‌های دو انتهای مهاربندها محاسبه شود. جهت اعمال این مسئله باید تغییرشکل الاستیک کلیه گره‌های سازه را در جهت X و Y (جهت اصلی ساختمان) به ترتیب در صفحات “Joint Displacements-EQX” و “Joint Displacements-EQY” وارد نمایید. با توجه به ابعاد سازه ممکن است این مسئله کمی وقتگیر باشد، در نتیجه جهت کاهش زمان قرائت و اعمال تغییرشکل‌ها، می‌توانید تنها کلیه نقاط اطراف مهاربندها (هم در بالا و هم در پایین) انتخاب نموده و سپس از نرم‌افزار ETABS درخواست تغییرشکل نمایید. جهت حذف داده‌های موجود در این صفحات از مدل قبلی، می‌توانید بر روی دکمه Clear All کلیک نمایید.

BRB Check-PN 04-05-2017 - Microsoft Excel

TABLE: Joint Displacements

Story	Label	Unique Name	Load Case/Combo	UX mm	UY mm	UZ mm	RX rad	RY rad	RZ rad
Roof	1	99	SPECX Max	35.191	1.077	1.97E-12	8.60E-05	0.003147	0.000112
Roof	2	100	SPECX Max	35.191	0.018	4.371	2.00E-06	0.003211	0.000112
Roof	3	101	SPECX Max	35.191	1.052	4.371	8.40E-05	0.003211	0.000112
Roof	4	102	SPECX Max	34.831	1.077	4.329	8.60E-05	0.003185	0.000112
Roof	5	103	SPECX Max	34.831	0.018	4.329	2.00E-06	0.003185	0.000112
Roof	6	116	SPECX Max	34.831	1.052	4.07E-12	8.30E-05	0.003121	0.000112
Roof	7	117	SPECX Max	34.48	1.077	5.19E-11	8.60E-05	0.003125	0.000112
Roof	8	118	SPECX Max	34.36	1.077	3.95E-11	8.60E-05	0.003116	0.000112

شکل ۴-۱۸: وارد نمودن تغییر شکل گره‌های سازه در جهت X از نرم‌افزار ETABS به صفحه مربوطه

BRB Check-PN 04-05-2017 - Microsoft Excel

TABLE: Joint Displacements

Story	Label	Unique Name	Load Case/Combo	UX mm	UY mm	UZ mm	RX rad	RY rad	RZ rad
Roof	1	99	SPECY Max	2.055	46.765	9.73E-11	0.00366	0.000164	0.00021
Roof	2	100	SPECY Max	2.055	45.39	0.247	0.003534	0.000165	0.00021
Roof	3	101	SPECY Max	2.055	47.363	0.247	0.003693	0.000165	0.00021
Roof	4	102	SPECY Max	2.045	46.765	0.246	0.003646	0.000165	0.00021
Roof	5	103	SPECY Max	2.045	45.39	0.246	0.003534	0.000165	0.00021
Roof	6	116	SPECY Max	2.045	47.363	1.01E-10	0.003706	0.000164	0.00021
Roof	7	117	SPECY Max	0.689	46.765	2.95E-09	0.003652	5.50E-05	0.00021
Roof	8	118	SPECY Max	0.679	46.765	2.95E-09	0.003652	5.50E-05	0.00021

شکل ۴-۱۹: وارد نمودن تغییر شکل گره‌های سازه در جهت Y از نرم‌افزار ETABS به صفحه مربوطه

۵- بر اساس ضوابط طراحی، در تعیین کرنش پلاستیک هسته مهاربندها، علاوه بر تغییر مکان‌های ناشی از بارهای جانبی باید تغییر شکل‌های ناشی از بارهای ثقیلی نیز منظور شود. این مسئله در مورد مهاربندهای قطری تاثیری ندارد، اما در مورد مهاربندهای واقع در حالات ۷ یا ۸ تاثیرگذار است. جهت اعمال این مسئله باید تغییر شکل کلیه گره‌های سازه را تحت اثر ترکیب بار ثقیلی شامل بار-های مرده و زنده بدون ضریب در صفحه "Joint Displacements-DSTLD2" وارد نمایید. با توجه به ابعاد سازه ممکن است این مسئله کمی وقتگیر باشد، در نتیجه جهت کاهش زمان قرائت و اعمال تغییر شکل‌ها، می‌توانید تنها کلیه نقاط اطراف مهاربندها (هم در بالا و هم در پایین) انتخاب نموده و سپس از نرم‌افزار ETABS درخواست تغییر شکل نمایید. جهت حذف داده‌های موجود در این صفحات از مدل قبلی، می‌توانید بر روی دکمه Clear All کلیک نمایید.

Story	Label	Unique Name	Load Case/Combo	UX mm	UY mm	UZ mm	RX rad	RY rad	RZ rad
Roof	1	99 DSTLD2	DSTLD2	-0.06	-0.294	-8.704	-0.000899	-1.00E-05	-8.00E-06
Roof	2	100 DSTLD2	DSTLD2	-0.06	-0.372	-4.452	-0.000791	0.000246	-8.00E-06
Roof	3	101 DSTLD2	DSTLD2	-0.06	-0.451	-4.544	-0.000777	-0.000226	-8.00E-06
Roof	4	102 DSTLD2	DSTLD2	0.102	-0.294	-4.41	0.001462	0.000274	-8.00E-06
Roof	5	103 DSTLD2	DSTLD2	0.102	-0.372	-4.447	0.001477	-0.000239	-8.00E-06
Roof	6	116 DSTLD2	DSTLD2	0.102	-0.451	-8.704	0.001482	1.70E-05	-8.00E-06
Roof	7	117 DSTLD2	DSTLD2	-0.01	-0.294	-10.819	0.000318	-9.20E-05	-8.00E-06
Roof	8	118 DSTLD2	DSTLD2	0.048	-0.294	-10.818	0.000318	-8.90E-05	-8.00E-06

شکل ۴-۲۰: وارد نمودن تغییر شکل گره‌های سازه تحت ترکیب بار ثقیلی از نرم‌افزار ETABS به صفحه مربوطه

#### ۴-۹-۴- کنترل نیرویی و تغییر شکلی مهاربندها در نرم افزار صفحه گسترده

پس وارد نمودن مشخصات سازه و مدل رایانه‌ای، نیروها و تغییر شکل‌های وارد بر مهاربندها، می‌توان با استفاده از امکانات صفحه "BRB Data" اقدام به کنترل نیازهای نیرویی و تغییر شکلی وارد مهاربند نمایید. توجه شود این برنامه مدلی که دارای ۱۰۰۰ عدد مهاربند کمانش تاب و کمتر باشند را پوشش می‌دهد. در صورتیکه مدلی با تعداد مه‌بند بیشتر دارید، با بخش فنی ما تماس بگیرید.



در قسمت “Brace Location & Geometry” مشخصات هر مهاربند، شامل مشخصات هندسی و ابعادی، طول نقطه کار تا نقطه کار، طول تقریبی بخش جاری شونده و زاویه پلانی مهاربند با محور X سازه ارائه شده است. در این قسمت لازم است که حالت قرارگیری هر مهاربند مشخص کنید. برای مهاربندهای قطری باید از گزینه “Diagonal” و برای کلیه حالات شون (۷ یا ۸) از گزینه “Chevron” استفاده نمایید. اگر حالات قرارگیری کلیه مهاربندها در همه طبقات یکسان باشد، با انتخاب حالت آن در سلول “All Story” به صورت خودکار کلیه مهاربندها به این حالت قرار می‌گیرند.

Story	End I	End J	Grid	Label	Unique Name	Section	End I			End J			L	L <sub>up</sub>	Brace Type	L <sub>y</sub>	θ to Axis (deg)	C <sub>max</sub> (kN)	T <sub>max</sub> (kN)			
							Name	X	Y	Z	Name	X								Y	Z	
Story3	Roof	1-B/1-C	D10	D10	385	BRB_4320	59	0	13000	11750	127	0	6500	15500	3750	6500	Diagonal	4803	90	868	868	
Story3	Roof	5-B/5-C	D12	D12	386	BRB_4320	75	38000	13000	11750	134	38000	6500	15500	3750	6500	Diagonal	4803	90	892	886	
Story3	Roof	-A/2-A	D15	D15	389	BRB_2350	316	14250	19500	11750	102	9500	19500	15500	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	495	416
Story3	Roof	-A/3-A	D16	D16	390	BRB_2350	316	14250	19500	11750	103	19000	19500	15500	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	489	420
Story3	Roof	-D/3-D	D17	D17	391	BRB_2350	378	23750	0	11750	100	19000	0	15500	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	493	424
Story3	Roof	-D/4-D	D18	D18	392	BRB_2350	378	23750	0	11750	101	28500	0	15500	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	502	419
Story2	Story3	1-C/1-B	D9	D9	199	BRB_6720	56	0	6500	8000	59	0	13000	11750	3750	6500	7504	Diagonal	4803	90	1377	1361
Story2	Story3	5-C/5-B	D11	D11	208	BRB_6720	72	38000	6500	8000	75	38000	13000	11750	3750	6500	7504	Diagonal	4803	90	1404	1396
Story2	Story3	2-A/1-A	D13	D13	221	BRB_4620	16	9500	19500	8000	316	14250	19500	11750	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	979	619
Story2	Story3	3-A/1-A	D14	D14	222	BRB_4620	20	19000	19500	8000	316	14250	19500	11750	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	984	615
Story2	Story3	3-D/1-D	D19	D19	229	BRB_4620	7	8000	0	8000	378	23750	0	11750	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	997	623
Story2	Story3	4-D/1-D	D20	D20	230	BRB_4620	11	0	8000	378	23750	0	11750	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	988	629	
Story1	Story2	1-B/1-C	D10	D10	201	BRB_8520	61	0	3000	4250	56	0	6500	8000	3750	6500	7504	Diagonal	4803	90	1729	1714
Story1	Story2	5-B/5-C	D12	D12	204	BRB_8520	77	0	13000	4250	72	38000	6500	8000	3750	6500	7504	Diagonal	4803	90	1783	1756
Story1	Story2	-A/2-A	D15	D15	223	BRB_4620	16	9500	19500	8000	316	14250	19500	11750	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	952	822

شکل ۴-۲۱: انتخاب حالت قرارگیری مهاربندها در صفحه مربوطه

در بخش “Demand” نیاز نیرویی وارد بر مهاربندها در حالت کششی و فشاری حاصل از تحلیل‌های رایانه-ای انجام شده، در واحد کیلونیوتن ارائه شده است. در قسمت “Capacity” ظرفیت نیرویی مهاربند بر اساس سطح مقطع بخش جاری شونده هسته فولادی و سطح پایین تنش جاری شدن فولاد هسته تعیین شده و در بخش “Core DCR” نسبت نیاز به ظرفیت نیرویی مهاربندها ارائه شده است که باید کمتر از ۱/۰ باشد. در این بخش لازم است که ضریب  $R_y$  فولاد هسته مهاربند مشخص نمایید تا نیاز طراحی اتصالات و نیروهای نامتعادل وارد بر قاب اطراف مهاربندها تعیین شود. فولاد مصرفی در کلیه مهاربندهای کمانش تاب تولیدی این شرکت بر اساس ضوابط استاندارد AISC 341-16 آزمایش می‌شود، و بنابراین این مقدار برابر واحد است، اما به منظور جلوگیری از دوباره کاری در طراحی اعضاء پیشنهاد می‌شود که مقدار  $R_y=1.15$  منظور شود.

BRB Check-PN 04-05-2017 - Microsoft Excel

File Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Developer Foxit PDF Acrobat

Clipboard Font Alignment Number Styles Cells Editing

Z14 1.15

P Q R S T U V W X Y Z AA AB AC AD AE AF AG AH AI

12

13 All Story:

14 Chevron

15

16 Demand Capacity Check

17 H L L<sub>top</sub> Brace L<sub>b</sub> Θ to Xaxis C<sub>max</sub> T<sub>max</sub> Soft. A<sub>sc</sub> F<sub>y min</sub> R<sub>y</sub> F<sub>y max</sub>=R<sub>y</sub>F<sub>y min</sub> φF<sub>y min</sub>A<sub>sc</sub> Core DCR ΔGrav ΔX<sub>elastic</sub> ΔY<sub>elastic</sub> Δ<sub>m</sub>

18 (mm) (mm) (mm) Type (mm) (deg) (kN) (kN) (mm<sup>2</sup>) (kN/mm<sup>2</sup>) (kN/mm<sup>2</sup>) (kN/mm<sup>2</sup>) (kN) (mm) end I end J end I end J (mm)

19 3750 6500 7504 Diagonal 4803 90 868 868 4320 0.235 1.15 0.271 915 0.948 0.9 24.0 34.1 32.9 45.4 62.5

20 3750 6500 7504 Diagonal 4803 90 892 886 4320 0.235 1.15 0.271 915 0.975 1.3 24.0 34.1 32.9 45.4 62.5

21 3750 4750 6052 Chevron 3752 0 495 416 2350 0.235 1.15 0.271 498 0.995 0.3 24.0 34.1 32.9 45.4 50.6

22 3750 4750 6052 Chevron 3752 0 489 420 2350 0.235 1.15 0.271 498 0.983 0.4 24.0 34.1 32.9 45.4 50.6

23 3750 4750 6052 Chevron 3752 0 493 424 2350 0.235 1.15 0.271 498 0.991 0.3 24.0 34.1 32.9 45.4 50.6

24 3750 4750 6052 Chevron 3752 0 502 419 2350 0.235 1.15 0.271 498 1.009 0.4 24.0 34.1 32.9 45.4 50.6

25 3750 6500 7504 Diagonal 4803 90 1377 1361 6720 0.235 1.15 0.271 1423 0.967 0.8 16.1 24.0 20.9 32.9 60.2

26 3750 6500 7504 Diagonal 4803 90 1404 1396 6720 0.235 1.15 0.271 1423 0.986 0.6 16.1 24.0 20.9 32.9 60.2

27 3750 4750 6052 Chevron 3752 0 979 619 4620 0.235 1.15 0.271 979 1.000 2.0 16.1 24.0 20.9 32.9 39.8

28 3750 4750 6052 Chevron 3752 0 984 615 4620 0.235 1.15 0.271 979 1.006 1.9 16.1 24.0 20.9 32.9 39.8

29 3750 4750 6052 Chevron 3752 0 997 623 4620 0.235 1.15 0.271 979 1.018 2.0 16.1 24.0 20.9 32.9 39.8

30 3750 4750 6052 Chevron 3752 0 988 629 4620 0.235 1.15 0.271 979 1.009 1.9 16.1 24.0 20.9 32.9 39.8

31 3750 6500 7504 Diagonal 4803 90 1729 1714 8520 0.235 1.15 0.271 1805 0.958 1.0 7.0 16.1 10.2 20.9 53.5

32 3750 6500 7504 Diagonal 4803 90 1783 1756 8520 0.235 1.15 0.271 1805 0.988 1.2 7.0 16.1 10.2 20.9 53.5

33 3750 4750 6052 Chevron 3752 0 952 822 4620 0.235 1.15 0.271 979 0.973 0.6 7.0 16.1 10.2 20.9 45.2

34 3750 4750 6052 Chevron 3752 0 948 825 4620 0.235 1.15 0.271 979 0.968 0.6 7.0 16.1 10.2 20.9 45.2

35 3750 4750 6052 Chevron 3752 0 956 834 4620 0.235 1.15 0.271 979 0.977 0.6 7.0 16.1 10.2 20.9 45.2

36 3750 4750 6052 Chevron 3752 0 965 828 4620 0.235 1.15 0.271 979 0.986 0.7 7.0 16.1 10.2 20.9 45.2

37 4250 6500 7766 Diagonal 4970 90 2021 2008 9720 0.235 1.15 0.271 2059 0.982 0.7 0.0 7.0 0.0 10.2 50.8

38 4250 6500 7766 Diagonal 4970 90 2073 2058 9720 0.235 1.15 0.271 2059 1.007 0.7 0.0 7.0 0.0 10.2 50.8

39 4250 4750 6374 Chevron 3952 0 1368 980 6720 0.235 1.15 0.271 1423 0.961 1.5 0.0 7.0 0.0 10.2 35.0

40 4250 4750 6374 Chevron 3952 0 1367 981 6720 0.235 1.15 0.271 1423 0.960 1.5 0.0 7.0 0.0 10.2 35.0

41 4250 4750 6374 Chevron 3952 0 1384 993 6720 0.235 1.15 0.271 1423 0.972 1.5 0.0 7.0 0.0 10.2 35.0

42 4250 4750 6374 Chevron 3952 0 1383 993 6720 0.235 1.15 0.271 1423 0.971 1.5 0.0 7.0 0.0 10.2 35.0

43

44

45

46

Ready

نسبت نیاز به ظرفیت  
نیروی در مهاربند

شکل ۴-۲۲: کنترل نیاز نیرویی وارد بر هسته مهاربندهای کمانش تاب

در بخش "Deformation" نیاز تغییرشکل مهاربندهای کمانش تاب محاسبه و کنترل می‌گردد. تغییرمکان واقعی (پلاستیک) دو انتهای مهاربند با توجه به زاویه قرار گیری آنها در پلان محاسبه شد و ابتدا کنترل می‌شود که تغییرمکان جانبی طبقات کمتر از مقدار مجاز استاندارد ۲۸۰۰ (۰٫۰۲ ارتفاع طبقه) باشد. سپس دو برابر این مقدار با حد پایینی ۲٪ ارتفاع طبقه مقایسه شده و بر اساس بزرگترین مقدار حاصله تغییرشکل ایجاد شده در راستای مهاربند محاسبه و با تغییرشکل ثقلی جمع می‌گردد. در انتها کرنش پلاستیک حاصله از تغییرشکل، بر اساس طول جاری شونده تقریبی ارائه شده در بخش "Brace Location & Geometry"، محاسبه می‌شود که باید کمتر از مقادیر مجاز باشد.

همانطور که پیش از این نیز بیان شد بر اساس ضوابط ارائه شده در استاندارد ASCE 41-13، حداکثر مقدار کرنش پلاستیک هسته فولادی باید برابر  $\epsilon_{b \max} = 2.5\%$  باشد. با توجه به شرایط فولاد تولیدی در ایران و همچنین ضوابط تغییرمکان جانبی استاندارد ۲۸۰۰، پیشنهاد این مجموعه محدود ساختن کرنش پلاستیک هسته فولادی به  $\epsilon_{b \max} = 3.5\%$  است. شایان ذکر است که در آزمایشات انجام شده بر روی تولیدات این شرکت، هسته مهاربند فولادی تا کرنش‌هایی تا حدود ۴ درصد را نیز بدون پاره شدن تحمل کرده است، اما

در هر صورت پیشنهاد می‌شود که کرنش هسته از مقدار ۳/۵ درصد فراتر نرود.

همچنین ظرفیت جابجایی مورد نیاز مهاربند جهت سفارش مهاربند در ستون "Stroke" ارائه شده است. این ظرفیت جابجایی باید در هر دو سمت مهاربندهای کمانش تاب و به صورت رفت و برگشتی وجود داشته باشد.

Capacity	Check	Deformation														Connection Type	Stiffness Modification Factor			
		Core DCR	$\Delta_{Grav}$	$\Delta_{X,elastic}$	$\Delta_{Y,elastic}$	$\Delta_m$	Check	$\Delta_{Dm}$	$\Delta_{Dm-br1}$	$\epsilon_1$	0.02H <sub>s</sub>	$\Delta_x$	$\Delta_{br}$	Stroke (±)	$\epsilon_{max}$		KF <sub>Software</sub>	KF <sub>New</sub>	KF <sub>5</sub>	
1.15	0.948	0.9	24.0	34.1	32.9	45.4	62.5	OK	125.1	108.6	2.3%	75.0	125.1	109.5	54.8	2.3%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.975	1.3	24.0	34.1	32.9	45.4	62.5	OK	125.1	108.6	2.3%	75.0	125.1	109.9	55.0	2.3%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.995	0.3	24.0	34.1	32.9	45.4	50.6	OK	101.1	79.7	2.2%	75.0	101.1	80.0	40.1	2.2%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.983	0.4	24.0	34.1	32.9	45.4	50.6	OK	101.1	79.7	2.2%	75.0	101.1	80.0	40.1	2.2%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.991	0.3	24.0	34.1	32.9	45.4	50.6	OK	101.1	79.7	2.2%	75.0	101.1	80.0	40.1	2.2%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	1.009	0.4	24.0	34.1	32.9	45.4	50.6	OK	101.1	79.7	2.2%	75.0	101.1	80.1	40.1	2.2%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.967	0.8	16.1	24.0	20.9	32.9	60.2	OK	120.4	104.6	2.2%	75.0	120.4	105.4	52.7	2.2%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.986	0.6	16.1	24.0	20.9	32.9	60.2	OK	120.4	104.6	2.2%	75.0	120.4	105.2	52.7	2.2%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	1.000	2.0	16.1	24.0	20.9	32.9	39.8	OK	79.7	62.7	1.7%	75.0	79.7	64.7	32.4	1.8%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	1.006	1.9	16.1	24.0	20.9	32.9	39.8	OK	79.7	62.7	1.7%	75.0	79.7	64.7	32.4	1.8%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	1.018	2.0	16.1	24.0	20.9	32.9	39.8	OK	79.7	62.7	1.7%	75.0	79.7	64.7	32.4	1.8%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	1.009	1.9	16.1	24.0	20.9	32.9	39.8	OK	79.7	62.7	1.7%	75.0	79.7	64.7	32.4	1.8%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.958	1.0	7.0	16.1	10.2	20.9	53.5	OK	106.9	92.8	2.0%	75.0	106.9	93.8	47.0	2.0%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.988	1.2	7.0	16.1	10.2	20.9	53.5	OK	106.9	92.8	2.0%	75.0	106.9	94.0	47.0	2.0%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.973	0.6	7.0	16.1	10.2	20.9	45.2	OK	90.5	71.3	1.9%	75.0	90.5	71.9	36.0	2.0%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.968	0.6	7.0	16.1	10.2	20.9	45.2	OK	90.5	71.3	1.9%	75.0	90.5	71.9	36.0	2.0%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.977	0.6	7.0	16.1	10.2	20.9	45.2	OK	90.5	71.3	1.9%	75.0	90.5	71.9	36.0	2.0%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.986	0.7	7.0	16.1	10.2	20.9	45.2	OK	90.5	71.3	1.9%	75.0	90.5	71.9	36.0	2.0%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.982	0.7	0.0	7.0	0.0	10.2	50.8	OK	101.7	85.3	1.8%	85.0	101.7	86.0	43.1	1.8%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	1.007	0.7	0.0	7.0	0.0	10.2	50.8	OK	101.7	85.3	1.8%	85.0	101.7	86.0	43.1	1.8%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.961	1.5	0.0	7.0	0.0	10.2	35.0	OK	70.1	52.4	1.4%	85.0	85.0	65.1	32.6	1.7%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.960	1.5	0.0	7.0	0.0	10.2	35.0	OK	70.1	52.4	1.4%	85.0	85.0	65.1	32.6	1.7%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.972	1.5	0.0	7.0	0.0	10.2	35.0	OK	70.1	52.4	1.4%	85.0	85.0	65.1	32.6	1.7%	Weld	1.35	1.35	1.00
1.15	0.971	1.5	0.0	7.0	0.0	10.2	35.0	OK	70.1	52.4	1.4%	85.0	85.0	65.1	32.6	1.7%	Weld	1.35	1.35	1.00

شکل ۴-۲۳: کنترل نیاز تغییرشکلی وارد بر هسته مهاربندهای کمانش تاب

#### ۴-۹-۵- کنترل ضریب اصلاح سختی محوری مهاربندها

پس از کنترل نیرویی و تغییرشکلی مهاربندهای کمانش تاب، در صورتیکه از مقاطع پیش فرض این شرکت استفاده کرده باشید، با انتخاب نوع اتصال انتهایی مهاربند کمانش تاب به تیر و ستون، ضریب اصلاح سختی محوری مهاربندها بر اساس مساحت هسته فولادی، فولاد مصرفی در اتصالات، طول قسمت جاری شونده، اتصالات و بخش صلب انتهایی محاسبه شده (KF<sub>New</sub>) و با ضریب اصلاح سختی تعریف شده در نرم‌افزار (KF<sub>Software</sub>) مقایسه می‌شود. در صورتیکه اختلاف این دو مقدار کمتر از ۵ تا ۱۰ درصد باشد، دیگر نیازی به اصلاح این ضریب در نرم‌افزار و تکرار تحلیل‌ها نمی‌باشد. در غیر اینصورت باید ضریب اصلاح سختی جدید را در نرم‌افزار به مهاربندها اعمال نموده و مراحل بالا را از ابتدا تکرار نمود تا همگرایی حاصل شود.

در بخش انتخاب نوع اتصالات، اتصال جوشی با عنوان Weld، اتصال پیچی با عنوان Bolt، اتصال مفصلی (پینی) با عنوان Pin و اتصال وصله‌ای با عنوان Splice تعریف شده است. همچنین این امکان وجود دارد که جهت تعریف سریعتر برای همه مهاربندها یک نوع اتصال تعریف نموده و یا برای برخی نوع اتصال را به صورت درستی عوض نمایید.

توجه شود که به منظور افزایش سرعت و کاهش تعداد تکرارها، ضریب اصلاح سختی محاسبه شده توسط برنامه صفحه گسترده به نزدیک‌ترین ضریب 0.05 گرد شده و در ستون  $KF_{New}$  نشان داده می‌شود. لذا ممکن است که در صورت استفاده از مقطع مهاربند کماتش تاب خود نرم‌افزار ETABS ضریب محاسبه شده توسط نرم‌افزار با ضریب محاسبه شده توسط برنامه گسترده قدری تفاوت داشته باشد که تاثیرگذار نخواهد بود. همچنین مساحت فولاد مصرفی در اتصالات بر مبنای مساحت هسته‌های فولادی پیشنهادی این مجموعه است. در صورتیکه از مساحت‌های دیگری برای هسته فولادی استفاده می‌کنید با بخش فنی شرکت پویا تدبیر ویرا تماس حاصل فرمایید.

Deformation																Connection Type		Stiffness Modification Factor		Adjusted Brace Strengths					
$\Delta X_{elastic}$	$\Delta Y_{elastic}$	$\Delta_m$	Check	$\Delta_{br}$	$\Delta_{br-brl}$	$\epsilon_1$	0.02H <sub>s</sub>	$\Delta_x$	$\Delta_{br}$	Stroke (ε)	$\epsilon_{max}$	KF <sub>Software</sub>	KF <sub>New</sub>	KF <sub>N</sub> / KF <sub>s</sub>	Factors	$T_{max} = \alpha F_{Ymax} A_{br}$	$C_{max} = \alpha \beta F_{Ymax} A_{br}$								
end I	end J	end I	end J	(mm)	(mm)	(%)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)				$\beta$	$\alpha$	$\alpha \beta$	(kN)	(kN)						
19	24.0	34.1	32.9	45.4	62.5	OK	125.1	108.6	2.3%	75.0	125.1	109.5	54.8	2.3%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.70	1.87	1,988	2,187		
20	24.0	34.1	32.9	45.4	62.5	OK	125.1	108.6	2.3%	75.0	125.1	109.9	55.0	2.3%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.70	1.87	1,988	2,187		
21	24.0	34.1	32.9	45.4	50.6	OK	101.1	79.7	2.2%	75.0	101.1	80.0	40.1	2.2%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.70	1.87	1,082	1,191		
22	24.0	34.1	32.9	45.4	50.6	OK	101.1	79.7	2.2%	75.0	101.1	80.0	40.1	2.2%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.70	1.87	1,082	1,191		
23	24.0	34.1	32.9	45.4	50.6	OK	101.1	79.7	2.2%	75.0	101.1	80.0	40.1	2.2%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.70	1.87	1,082	1,191		
24	24.0	34.1	32.9	45.4	50.6	OK	101.1	79.7	2.2%	75.0	101.1	80.1	40.1	2.2%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.70	1.87	1,082	1,191		
25	16.1	24.0	20.9	32.9	60.2	OK	120.4	104.6	2.2%	75.0	120.4	105.4	52.7	2.2%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.70	1.87	3,093	3,403		
26	16.1	24.0	20.9	32.9	60.2	OK	120.4	104.6	2.2%	75.0	120.4	105.2	52.7	2.2%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.70	1.87	3,093	3,403		
27	16.1	24.0	20.9	32.9	39.8	OK	79.7	62.7	1.7%	75.0	79.7	64.7	32.4	1.8%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,001	2,202		
28	16.1	24.0	20.9	32.9	39.8	OK	79.7	62.7	1.7%	75.0	79.7	64.7	32.4	1.8%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,001	2,202		
29	16.1	24.0	20.9	32.9	39.8	OK	79.7	62.7	1.7%	75.0	79.7	64.7	32.4	1.8%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,001	2,202		
30	16.1	24.0	20.9	32.9	39.8	OK	79.7	62.7	1.7%	75.0	79.7	64.7	32.4	1.8%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,001	2,202		
31	7.0	16.1	10.2	20.9	53.5	OK	106.9	92.8	2.0%	75.0	106.9	93.8	47.0	2.0%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	3,690	4,059		
32	7.0	16.1	10.2	20.9	53.5	OK	106.9	92.8	2.0%	75.0	106.9	94.0	47.0	2.0%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	3,690	4,059		
33	7.0	16.1	10.2	20.9	45.2	OK	90.5	71.3	1.9%	75.0	90.5	71.9	36.0	2.0%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,001	2,202		
34	7.0	16.1	10.2	20.9	45.2	OK	90.5	71.3	1.9%	75.0	90.5	71.9	36.0	2.0%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,001	2,202		
35	7.0	16.1	10.2	20.9	45.2	OK	90.5	71.3	1.9%	75.0	90.5	71.9	36.0	2.0%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,001	2,202		
36	7.0	16.1	10.2	20.9	45.2	OK	90.5	71.3	1.9%	75.0	90.5	71.9	36.0	2.0%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,001	2,202		
37	0.0	7.0	0.0	10.2	50.8	OK	101.7	85.3	1.8%	85.0	101.7	86.0	43.1	1.8%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	4,210	4,631		
38	0.0	7.0	0.0	10.2	50.8	OK	101.7	85.3	1.8%	85.0	101.7	86.0	43.1	1.8%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	4,210	4,631		
39	0.0	7.0	0.0	10.2	35.0	OK	70.1	52.4	1.4%	85.0	85.0	65.1	32.6	1.7%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,911	3,203		
40	0.0	7.0	0.0	10.2	35.0	OK	70.1	52.4	1.4%	85.0	85.0	65.1	32.6	1.7%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,911	3,203		
41	0.0	7.0	0.0	10.2	35.0	OK	70.1	52.4	1.4%	85.0	85.0	65.1	32.6	1.7%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,911	3,203		
42	0.0	7.0	0.0	10.2	35.0	OK	70.1	52.4	1.4%	85.0	85.0	65.1	32.6	1.7%	Weld	1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,911	3,203		

شکل ۴-۲۴: ضریب اصلاح سختی محوری مهاربندهای کماتش تاب

#### ۴-۱۰- تعیین نیروهای نامتعادل و طراحی لرزه ای تیرها و ستون ها در قاب های مهاربندی شده

پس از طراحی مهاربندهای کمانش تاب و ایجاد همگرایی در فرضیات تحلیل و طراحی، باید اقدام به تعیین نیروهای طراحی ستون ها و تیرهای واقع در قاب های مهاربندی بر اساس اثر نیروی لرزه ای ظرفیتی نمود. اثر نیروی لرزه ای افقی ظرفیتی،  $E_{cl}$ ، باید برابر نیروهای ایجاد شده در اعضا با فرض اینکه همه مهاربندها به مقاومت اصلاح شده خود در فشار و کشش رسیده باشند، تعیین شود. این تحلیل باید در هر دو جهت و با فرض نیروی زلزله افقی رفت و برگشتی انجام شود. همچنین در زمان کنترل ظرفیت باربری تیرها تحت اثر این نیروها، باید به طور کامل از اثر مهاربندها در باربری ثقلی صرفه نظر شود.

جزئیات محاسبه نیروهای طراحی قابها در بند ۲-۳ این راهنما به تفصیل ارائه شده است. این نیروها باید برای تغییرشکل قابل انتظار در مهاربندها،  $\Delta_{br}$ ، محاسبه شوند. نیروی ظرفیتی مهاربندها در فشار،  $C_{max}$ ، و در کشش،  $T_{max}$ ، بر اساس تغییرشکل حاصله محاسبه شده و در بخش "Adjusted Brace Strengths" نرم-افزار صفحه گسترده قابل برداشت است. توجه شود که ضریب اثر سخت شدگی،  $(\phi)$ ، و ضریب اضافه مقاومت فشاری،  $(\beta)$ ، بر اساس آزمایشات انجام شده بر روی تولیدات این شرکت، و شرکتهای معتبر امریکایی بوده و برای دیگر تولیدکنندگان قابل استفاده نمی باشد.

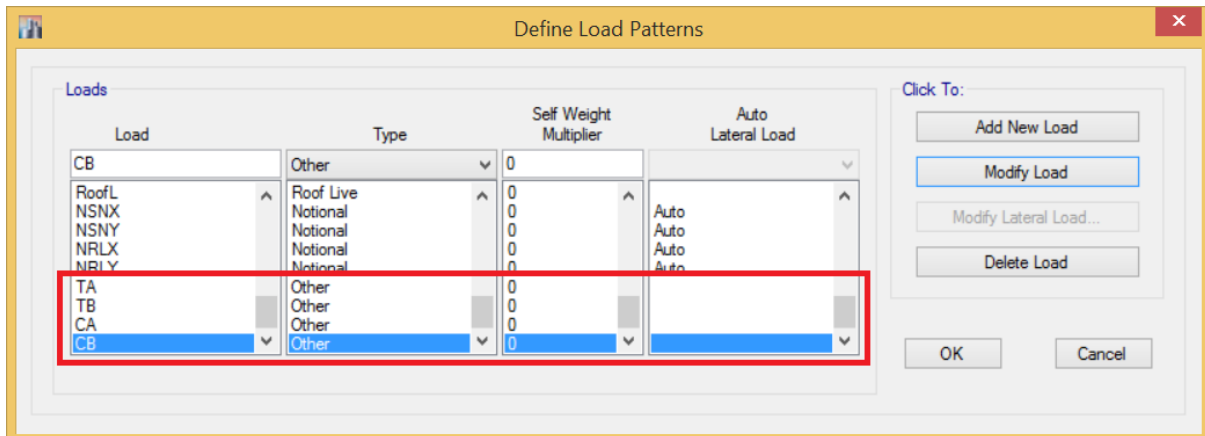
Adjusted Brace Strengths		Casing	
Factors	$T_{max} = \phi \beta F_{vmax} A_{sc}$ (kN)	$C_{max} = \phi \beta F_{vmax} A_{sc}$ (kN)	$B_{cas. req.}$ (mm)
$\beta$ $\phi$ $\omega \beta$			
1.10 1.70 1.87	1,988	2,187	240
1.10 1.70 1.87	1,988	2,187	240
1.10 1.70 1.87	1,082	1,191	175
1.10 1.70 1.87	1,082	1,191	175
1.10 1.70 1.87	1,082	1,191	175
1.10 1.70 1.87	3,093	3,403	330
1.10 1.70 1.87	3,093	3,403	330
1.10 1.60 1.76	2,001	2,202	250
1.10 1.60 1.76	2,001	2,202	250
1.10 1.60 1.76	2,001	2,202	250
1.10 1.60 1.76	2,001	2,202	250
1.10 1.60 1.76	2,001	2,202	250
1.10 1.60 1.76	4,210	4,631	365
1.10 1.60 1.76	4,210	4,631	365
1.10 1.60 1.76	2,911	3,203	330
1.10 1.60 1.76	2,911	3,203	330
1.10 1.60 1.76	2,911	3,203	330
1.10 1.60 1.76	2,911	3,203	330

شکل ۴-۲۵: نیروی لرزه ای ظرفیتی وارد بر قابها از طرف مهاربندهای کمانش تاب

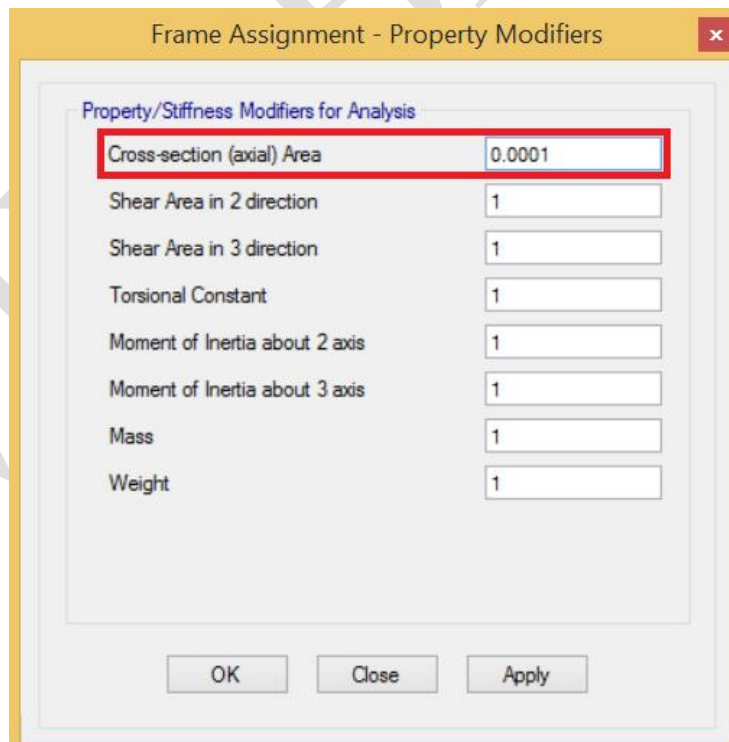
#### ۴-۱۰-۱- کنترل تیرها و ستون ها

جهت کنترل تیرها و ستون های قاب های مهاربندی شده، پس از تعیین نیروهای نامتعادل، باید از روی مدل رایانه ای خود یک کپی تهیه نموده و مراحل زیر را به ترتیب طی نمایید:

۱- چهار حالت الگوی بارگذاری جدید تحت عنوان TA و CA، TB و CB از نوع Other در فایل مذکور تعریف نمایید. الگوهای بار TA و CA مربوط به مهاربندهای گروه A، و الگوهای بار TB و CB مربوط به مهاربندهای گروه B می باشد.



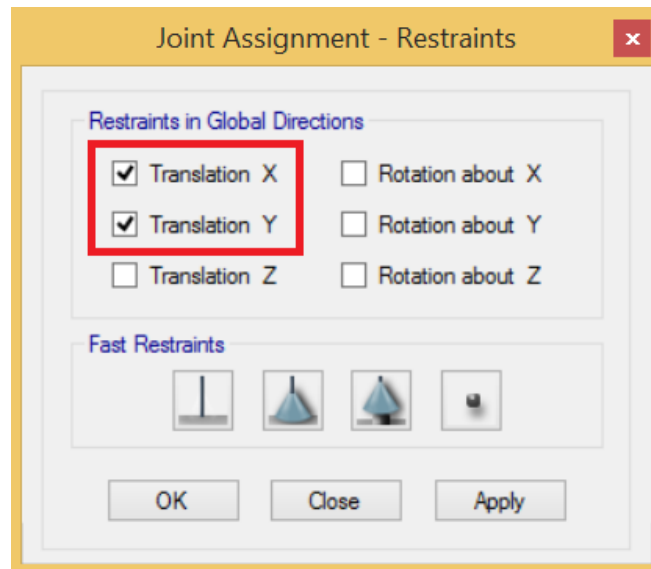
۲- کلیه مهاربندهای کمانش تاب انتخاب شده و ضریب اصلاح سختی محوری آنها برابر 0.0001 منظور می گردد:



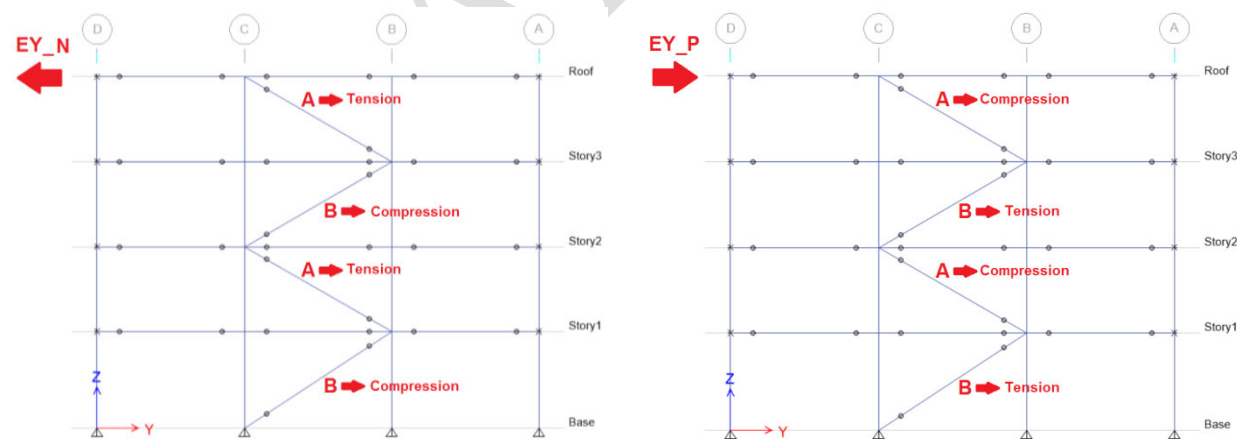
۳- جهت جلوگیری از ناپایداری در هنگام تحلیل باید تعدادی از نقاط مدل در هر طبقه (به غیر گره-

های قاب‌های مهاربندی شده) را با استفاده از دستور زیر در صرفاً جهات جانبی (و نه ثقلی و دورانی) مقید نمایید:

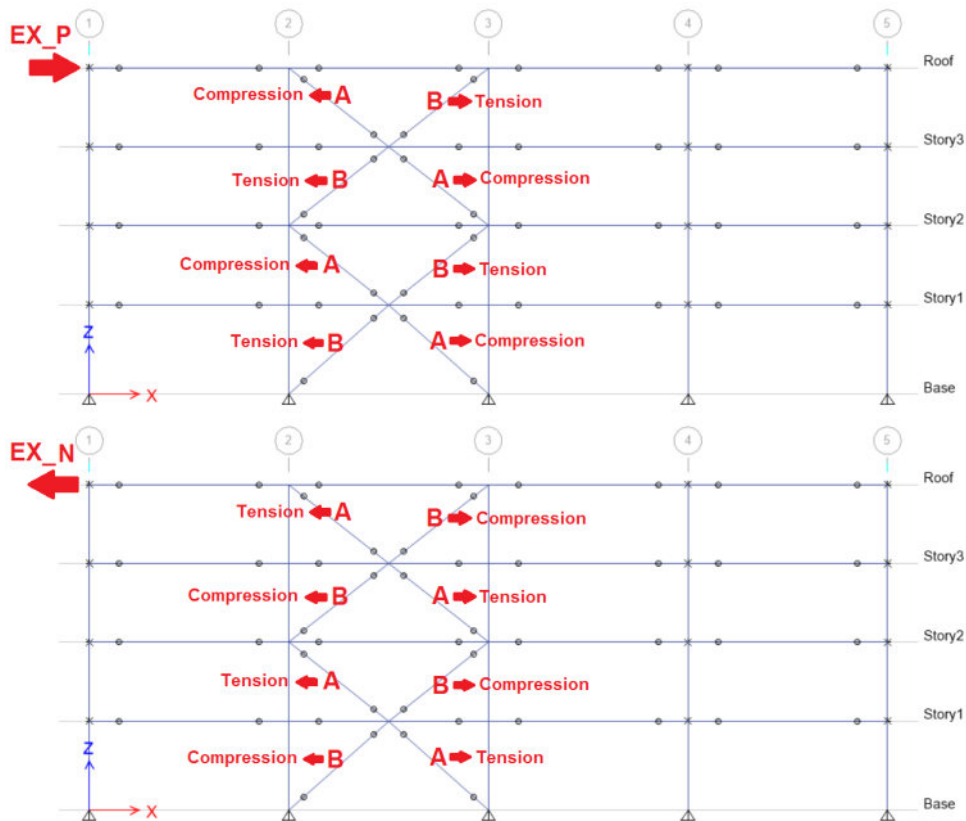
Assign>Joint>Restrains ...



۴- کلیه سقف‌ها از حالت دیافراگم صلب خارج نمایند تا در تیرها نیز نیروی محوری ایجاد شود.  
 ۵- مهاربندهای کمانش تاب هر راستا به صورتیکه در اشکال زیر نشان داده شده است به دو گروه A و B تقسیم می‌شوند (در ادامه با انجام مراحل زیر، هر یک از گروه‌ها یک بار بصورت کششی و یکبار بصورت فشاری منظور خواهند شد):



شکل ۴-۲۶: نحوه تقسیم‌بندی مهاربندهای کمانش تاب به گروه‌های کششی و فشاری در چیدمان قطری

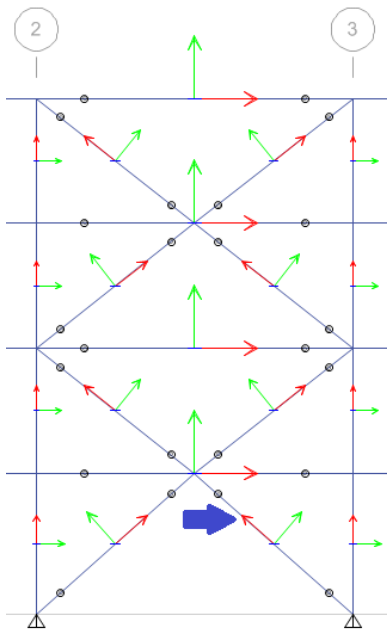


شکل ۴-۲۷: نحوه تقسیم‌بندی مهاربندهای کمانش تاب به گروه‌های کششی و فشاری در چیدمان ۷ و ۸

۶- به کلیه مهاربندهای گروه A، نیروهایی برابر با  $T_{max}$  و  $C_{max}$  تحت حالت‌های بار TA و CA و به کلیه مهاربندهای گروه B، نیروهایی برابر با  $T_{max}$  و  $C_{max}$  تحت حالت‌های بار TB و CB بر اساس محاسبات مربوطه که در ستون‌های مورد نظر از برنامه صفحه گسترده محاسبه شده، اعمال کنید. این بارهای توسط دستور زیر و در راستای محور طولی مهاربندها (Local-1) در دو سمت انتهایی آن اعمال می‌گردد. همچنین توجه شود که علامت نیروهای کششی و فشاری در دو انتها متضاد یکدیگر است.

Assign>Frame Loads>Point...





Frame Load Assignment - Point

Load Pattern Name: TB

Load Type and Direction: Forces (selected), Moments

Direction of Load Application: Local-1

Options: Add to Existing Loads, Replace Existing Loads (selected), Delete Existing Loads

Point Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0	0.25	0.75	1
Load	+ 2911	0	0	-2911 -

Relative Distance from End-I (selected), Absolute Distance from End-I

Buttons: OK, Close, Apply

Frame Load Assignment - Point

Load Pattern Name: CB

Load Type and Direction: Forces (selected), Moments

Direction of Load Application: Local-1

Options: Add to Existing Loads, Replace Existing Loads (selected), Delete Existing Loads

Point Loads:

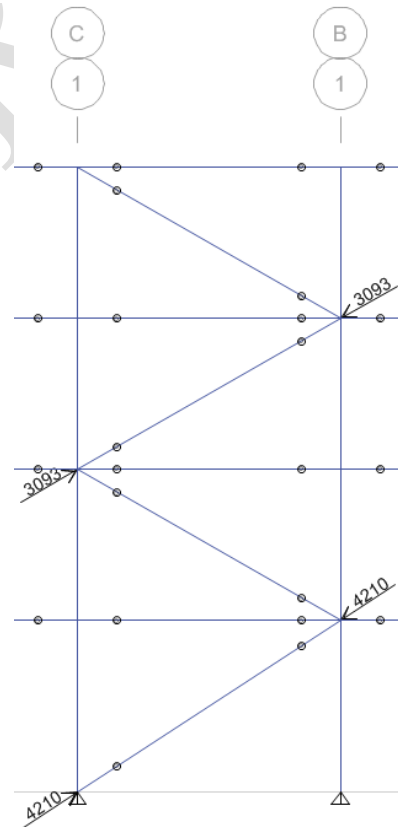
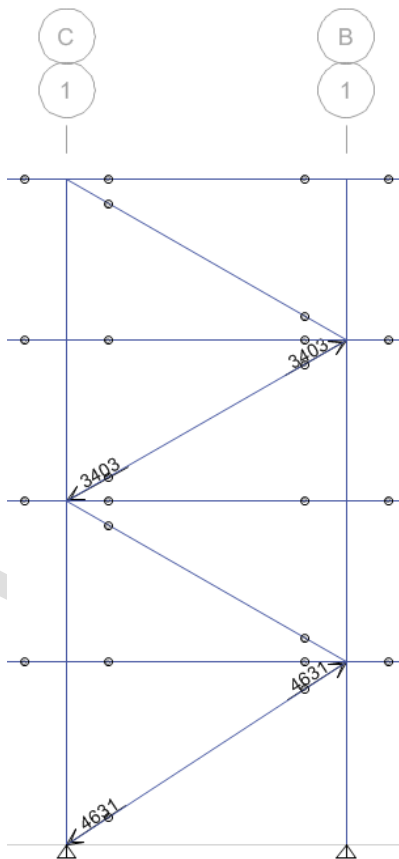
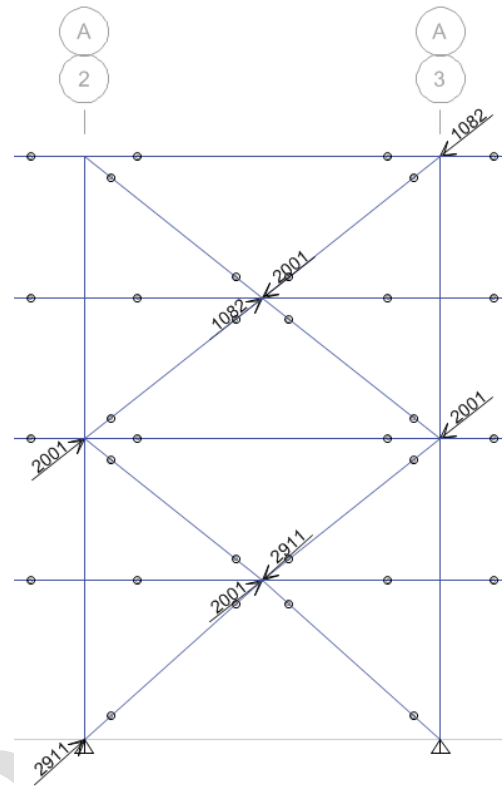
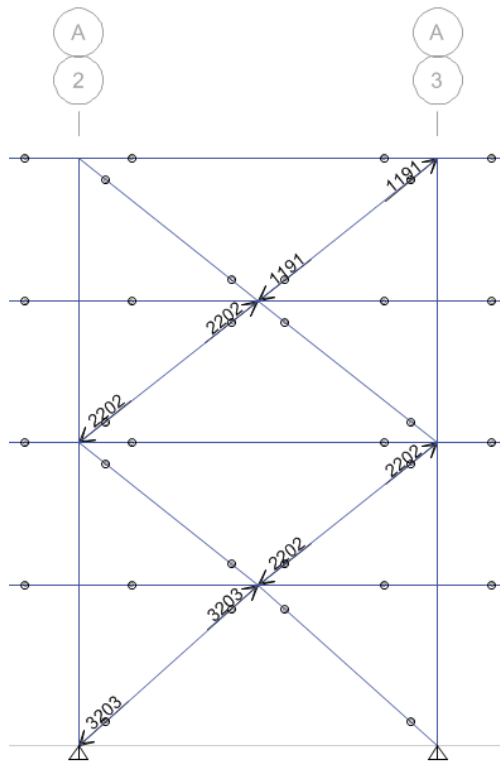
	1.	2.	3.	4.
Distance	0	0.25	0.75	1
Load	- 3203	0	0	3203 +

Relative Distance from End-I (selected), Absolute Distance from End-I

Buttons: OK, Close, Apply

شکل ۴-۲۸: نحوه اعمال بارهای کششی و فشاری ظرفیت مهاربندها (به جهت محور ۱ مهاربند توجه شود)

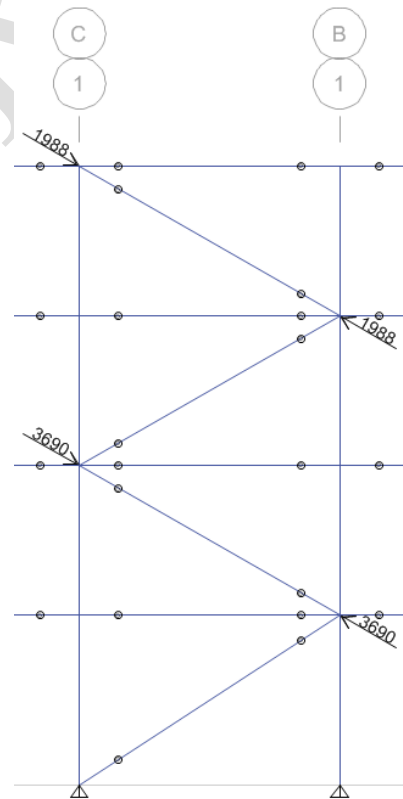
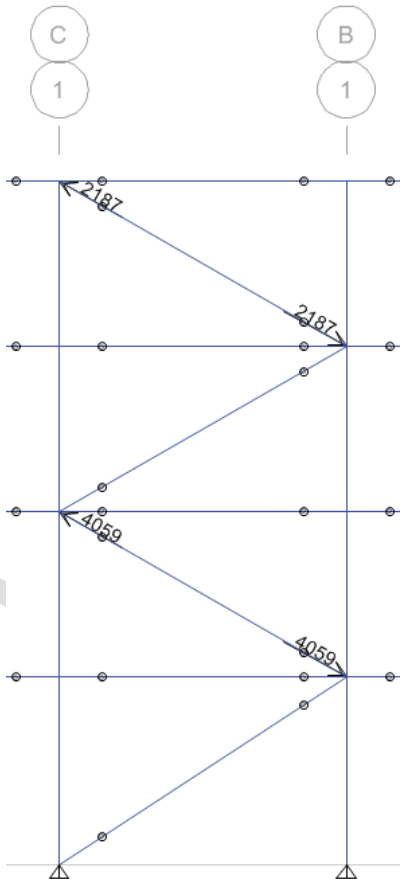
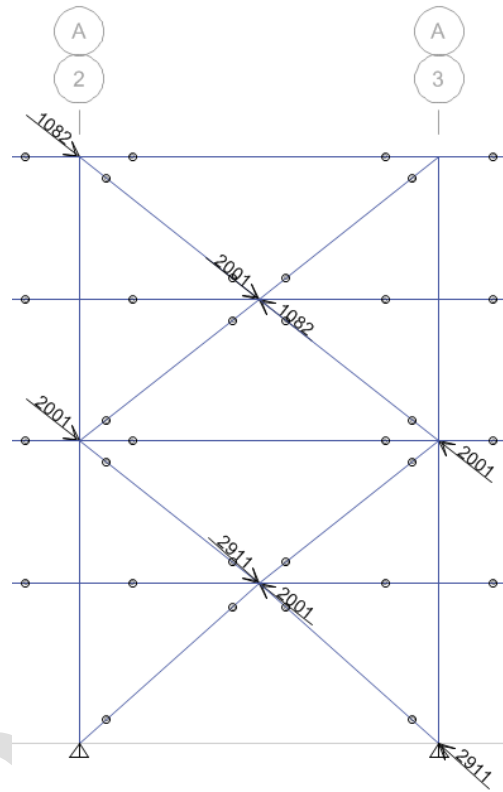
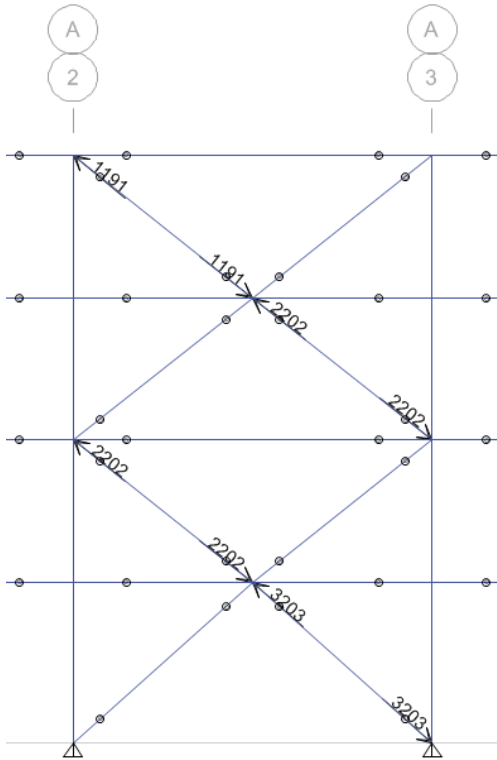
بر این اساس نیروهای اعمالی به قاب‌های مهاربندی شده را در شکل زیر مشاهده می‌کنید:



فشاری

کششی

شکل ۴-۲۹: نیروهای نامتعادل وارد بر مهاربندهای کمانش تاب گروه A



فشاری

کششی

شکل ۴-۳۰: نیروهای نامتعادل وارد بر مهاربندهای کمانش تاب گروه B

۷- ترکیبات بارگذاری زیر بر اساس حالت‌های بار مرده، زنده و نیروهای نامتعادل معرفی شده در مدل رایانه‌ای، با فرض طراحی در حالت حدی ساخته شود (اثر زلزله قائم بر روی کل سازه منظور شود):

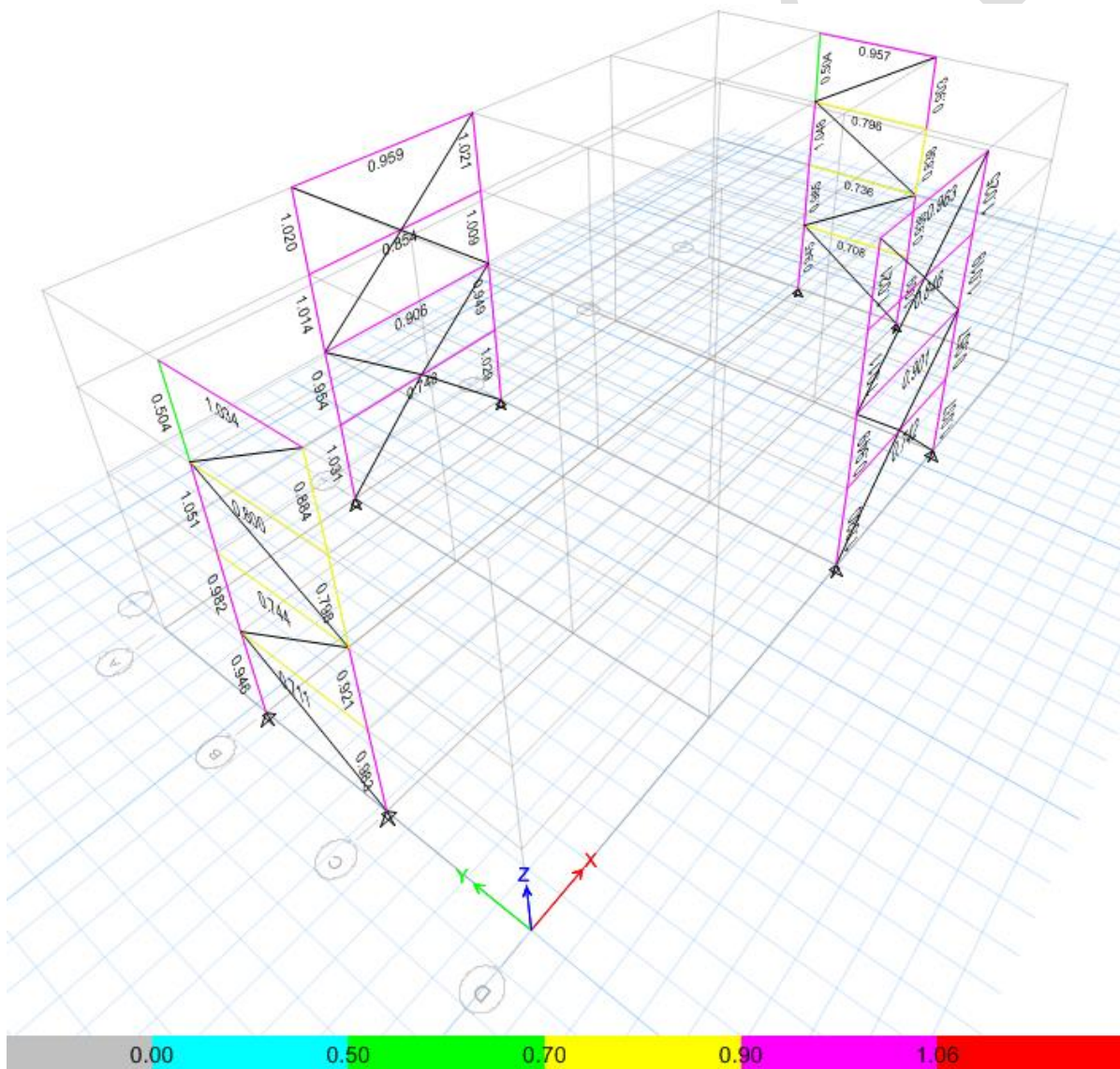
$$BRBF1=1.2DEAD+1.0LIVE+TA+CB$$

$$BRBF2=1.2DEAD+1.0LIVE+CA+TB$$

$$BRBF3=0.9DEAD+TA+CB$$

$$BRBF4=0.9DEAD+CA+CA$$

۸- سازه را مجدداً تحلیل نموده و نسبت نیاز به ظرفیت را در تیرها و ستون‌های دهانه‌های مهاربندی شده (اطراف مهاربندهای کمانش تاب) کنترل نمایید. بدین صورت که تیرهای واقع در دهانه‌های مهاربندی، باید مقاومت کافی در برابر نیروهای محوری و خمشی، و ستون‌های واقع در دهانه‌های مهاربندی، مقاومت کافی در برابر نیروهای محوری ناشی از ترکیبات بار فوق را داشته باشند:



شکل ۴-۳۱ کنترل مقاومت قاب‌های مهاربندی شده برای نیروهای نامتعادل ظرفیتی مهاربندها

۹- با توجه به حضور نیروی محوری قابل ملاحظه در تیرهای واقع در دهانه مهاربندی، برای طراحی اتصال آن به ستون، توجه ویژه منظور شود (در صورت مفصلی بودن اتصالات تیر به ستون در دهانه مهاربندی، الزاماً از ورق جان و با منظور کردن نیروهای محوری و برشی در طراحی آن، استفاده شود).

توجه شود که این کنترل در مهاربندهای همگرای ویژه، بر اساس بند ۱۰-۳-۱۱-۲ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان نیز باید انجام شود؛ با این تفاوت که در سازه‌های مجهز به مهاربند همگرای ویژه، قاب مهاربندی شده باید برای دو حالت مجزا: ۱- اعمال ظرفیت کششی و ظرفیت فشاری مهاربندها، و ۲- اعمال ظرفیت کششی و ظرفیت پس از کمانش مهاربندها کنترل شود. این در حالیست که در قاب مجهز به مهاربند کمانش تاب به دلیل عدم وجود پدیده کمانش در مهاربندها، قاب‌ها را باید تنها برای ظرفیت‌های کششی و فشاری مهاربندها کنترل نمود.

همچنین اصول روش فوق برگرفته از ویرایش دوم "دفترچه راهنمای نکات حائز اهمیت در محاسبات و نقشه‌های سازه" تدوین شده در واحد کنترل نقشه‌های سازه سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران می‌باشد.

#### ۴-۱۱- تعیین ابعاد تقریبی برای غلاف فولادی پیرامونی

پس از طراحی مهاربندهای کمانش تاب و اعضاء قاب‌های مهاربندی شده و ایجاد همگرایی در فرضیات تحلیل و طراحی، با استفاده از نرم‌افزار صفحه گسترده امکان طراحی اولیه و تعیین ابعاد تقریبی غلاف فولادی پیرامونی جهت تکمیل فاز اول معماری وجود دارد. بر اساس روابط پیشنهادی ارائه شده، غلاف پیرامونی باید دارای ضریب اطمینانی حداقل برابر با ۱/۵ در برابر ظرفیت فشاری مهاربند،  $1.5 \times C_{max}$  باشد. پس از انتخاب نوع مقطع این غلاف، مربعی (Square) و یا دایره‌ای (Circular) شکل، با توجه به حداقل بعد مورد نیاز غلاف ( $B_{cas. req}$ ) که بر اساس ابعاد بخش اتصالی مهاربند تعیین می‌شود، مقطع غلاف را بگونه‌ای انتخاب نمایید که نیابت نیاز به ظرفیت وارد بر آن کمتر از واحد شود.

توجه شود که این بعد، یک مقدار اولیه بوده و بعد نهایی غلاف پیرامونی پس از طرح نهایی مهاربند توسط تیم فنی شرکت پویا تدبیر ویرا مشخص خواهد شد. همچنین این امکان وجود دارد که در صورتیکه این بعد غلاف الزامات معماری پروژه را ارضاء نمی‌کند، با توجه به مشخصات ساختاری مهاربندهای کمانش تاب تولیدی این شرکت، در طرح نهایی از غلاف‌های فولادی به صورت مستطیلی شکل (که بعد کوچکتر در جهت عرضی قرار می‌گیرد) استفاده شود تا الزامات معماری پروژه نیز ارضاء شود.

BRB Check-PN 04-05-2017 - Microsoft Excel

انتخاب نوع مقطع غلاف فولادی

حداقل بعد مورد نیاز برای غلاف، بر اساس بعد اتصال انتهایی مهاربند

Section Type: Square  
F.S. = 1.50

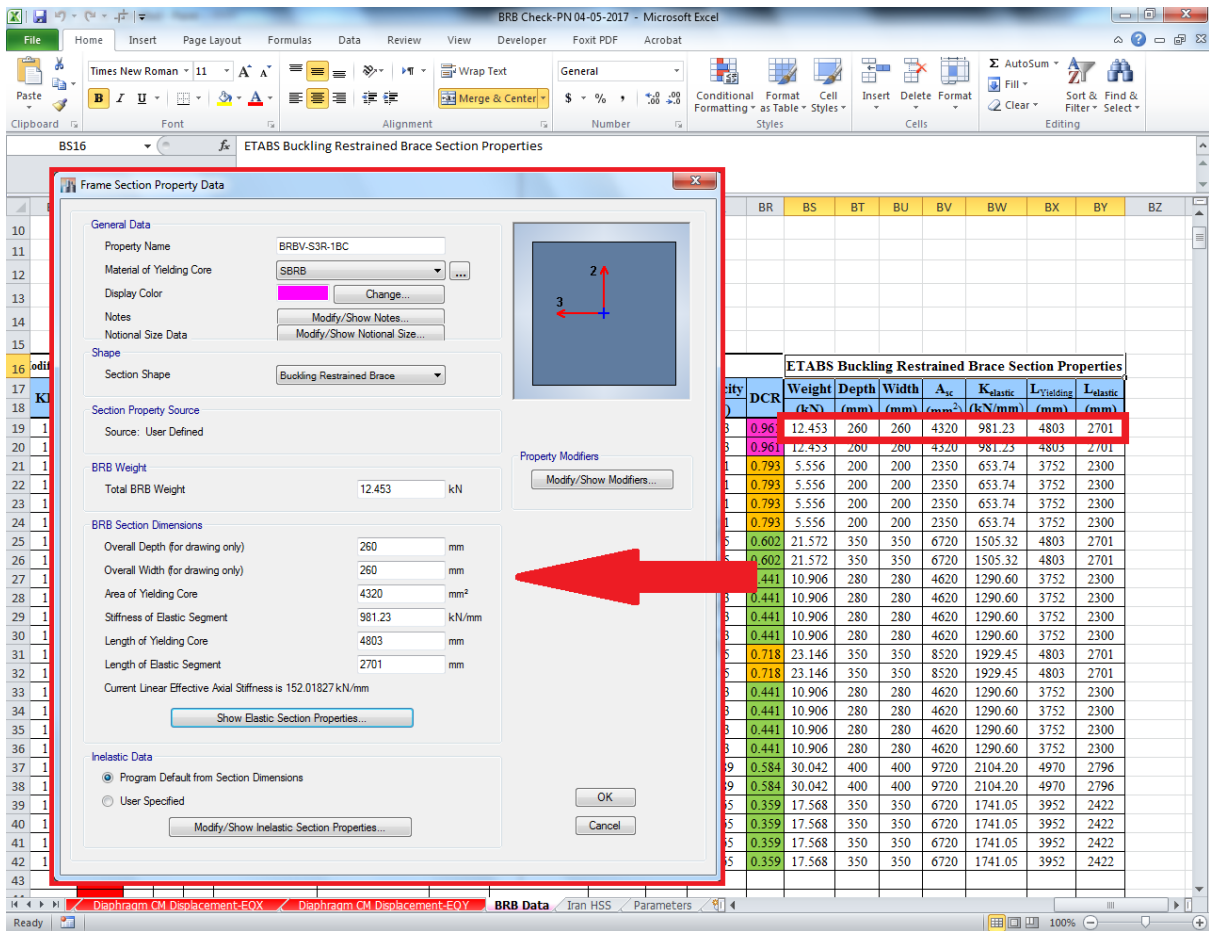
KF <sub>Software</sub>	KF <sub>New</sub>	KF <sub>N</sub> KF <sub>S</sub>	Factors			Adjusted Brace Strengths		Casing						ETABS Buckling Restrained Brace Section Properties						
			$\beta$	$\omega$	$\omega\beta$	$T_{max} = \omega F_{Ymax} A_{sc}$ (kN)	$C_{max} = \omega\beta F_{Ymax} A_{sc}$ (kN)	$B_{req. req.}$ (mm)	Casing Section (mm)	Demand (kN)	$L_{casing}$ (mm)	Capacity (kN)	DCR	Weight (kN)	Depth (mm)	Width (mm)	$A_{sc}$ (mm <sup>2</sup> )	$K_{plastic}$ (kN/mm)	$L_{Tfolding}$ (mm)	$L_{elastic}$ (mm)
1.35	1.35	1.000	1.10	1.70	1.87	1,988	2,187	240	260*6	3280	6003	3413	0.961	12.453	260	260	4320	981.23	4803	2701
1.35	1.35	1.000	1.10	1.70	1.87	1,988	2,187	240	260*6	3280	6003	3413	0.961	12.453	260	260	4320	981.23	4803	2701
1.35	1.35	1.000	1.10	1.70	1.87	1,082	1,191	175	200*5	1784	4539	2251	0.793	5.556	200	200	2350	653.74	3752	2300
1.35	1.35	1.000	1.10	1.70	1.87	1,082	1,191	175	200*5	1784	4539	2251	0.793	5.556	200	200	2350	653.74	3752	2300
1.35	1.35	1.000	1.10	1.70	1.87	1,082	1,191	175	200*5	1784	4539	2251	0.793	5.556	200	200	2350	653.74	3752	2300
1.35	1.35	1.000	1.10	1.70	1.87	3,093	3,403	330	350*6	5102	6003	8475	0.602	21.572	350	350	6720	1505.32	4803	2701
1.35	1.35	1.000	1.10	1.70	1.87	3,093	3,403	330	350*6	5102	6003	8475	0.602	21.572	350	350	6720	1505.32	4803	2701
1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,001	2,202	250	280*6	3301	4539	7493	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,001	2,202	250	280*6	3301	4539	7493	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,001	2,202	250	280*6	3301	4539	7493	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,001	2,202	250	280*6	3301	4539	7493	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	3,690	4,059	330	350*6	6088	6003	8475	0.718	23.146	350	350	8520	1929.45	4803	2701
1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	3,690	4,059	330	350*6	6088	6003	8475	0.718	23.146	350	350	8520	1929.45	4803	2701
1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,001	2,202	250	280*6	3301	4539	7493	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,001	2,202	250	280*6	3301	4539	7493	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,001	2,202	250	280*6	3301	4539	7493	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	4,210	4,631	365	400*6	6945	6213	11889	0.584	30.042	400	400	9720	2104.20	4970	2796
1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	4,210	4,631	365	400*6	6945	6213	11889	0.584	30.042	400	400	9720	2104.20	4970	2796
1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,911	3,203	330	350*6	4802	4781	13365	0.359	17.568	350	350	6720	1741.05	3952	2422
1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,911	3,203	330	350*6	4802	4781	13365	0.359	17.568	350	350	6720	1741.05	3952	2422
1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,911	3,203	330	350*6	4802	4781	13365	0.359	17.568	350	350	6720	1741.05	3952	2422
1.35	1.35	1.000	1.10	1.60	1.76	2,911	3,203	330	350*6	4802	4781	13365	0.359	17.568	350	350	6720	1741.05	3952	2422

شکل ۴-۳۲ تعیین بعد تقریبی غلاف فولادی پیرامونی

#### ۴-۱۲- کنترل نهایی بر اساس المان مهاربند کمانش تاب برنامه ETABS

پس از انجام کلیه کنترل‌ها این امکان وجود دارد که کنترل نهایی سازه را با استفاده از مقطع مهاربند کمانش تاب پیش فرض برنامه خود ETABS انجام دهید. همانطور که قبلاً نیز عنوان شد، تعریف و اعمال پارامترهای این مقطع نیازمند دانش بیشتر در زمینه مهاربندهای کمانش تاب و همچنین طراحی خود المان مهاربند می‌باشد. جهت در اختیار داشتن مقادیر مورد نظر در فاز ۱، می‌توانید از مقادیر محاسبه شده توسط برنامه صفحه گسترده این مجموعه استفاده نمایید. بر این اساس لازم است که برای مهاربندهای کمانش تاب با طول نقطه کار تا نقطه کار و سطح مقطع متفاوت، یک مقطع جداگانه تعریف شده و به آنها اختصاص یابد. توجه شود که مقادیر ارائه شده در این برنامه صفحه گسترده بر اساس محاسبات تقریبی طول و سطح مقطع بخش‌های صلب، الاستیک و جاری شونده مهاربند بوده و ممکن است با مقادیر نهایی که پس از طراحی خود مهاربند کمانش تاب توسط تیم فنی این شرکت انجام می‌شود، کمی متفاوت باشد. جهت تعریف مقاطع مراحل زیر را طی کنید و مقادیر مورد نظر را از فایل صفحه گسترده استخراج نمایید:

Define>Section Properties>Frame Sections>Add New Properties>Section Shape>Buckling Restrained Brace



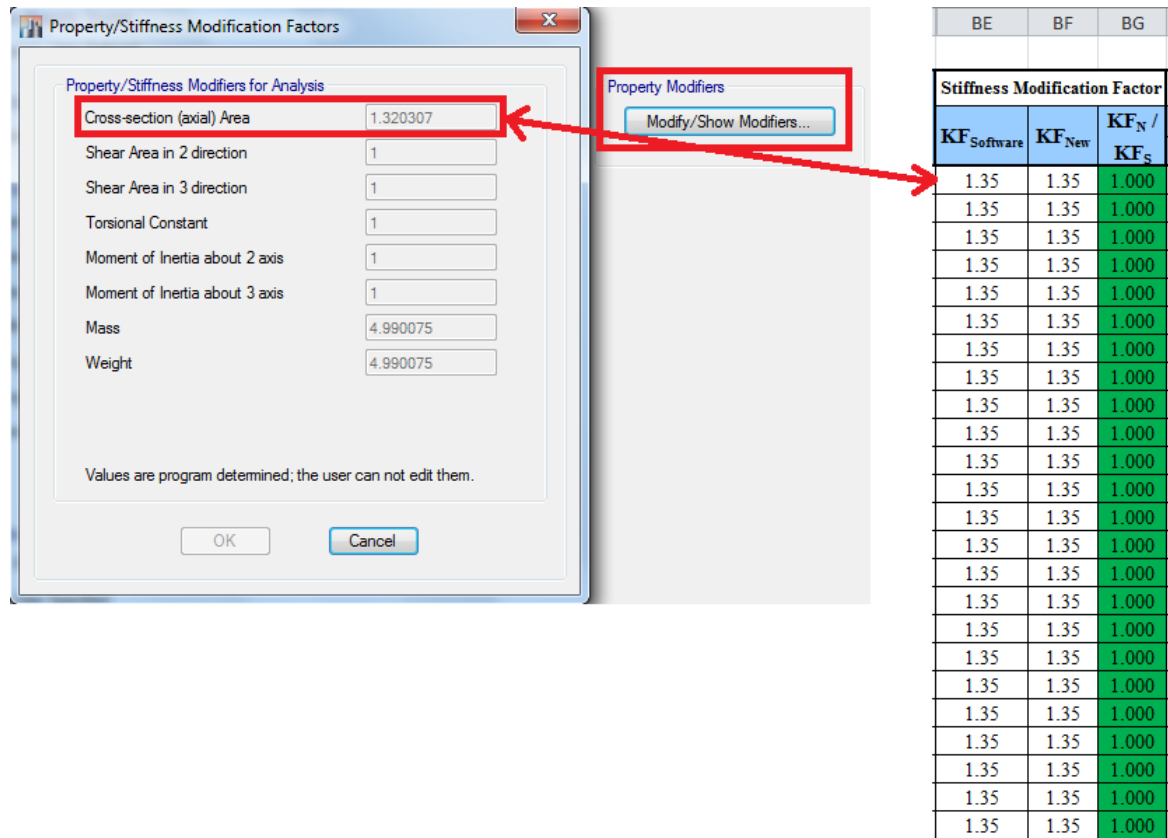
The screenshot shows the ETABS software interface. A dialog box titled 'Frame Section Property Data' is open, displaying the properties for a 'Buckling Restrained Brace' section. The 'General Data' section includes the property name 'BRBV-S3R-1BC', material 'SBRB', and a display color. The 'Shape' section is set to 'Buckling Restrained Brace'. The 'Section Property Source' is 'User Defined'. The 'BRB Weight' is 12.453 kN. The 'BRB Section Dimensions' are: Overall Depth (260 mm), Overall Width (260 mm), Area of Yielding Core (4320 mm<sup>2</sup>), Stiffness of Elastic Segment (981.23 kN/mm), Length of Yielding Core (4803 mm), and Length of Elastic Segment (2701 mm). The 'Inelastic Data' section has 'Program Default from Section Dimensions' selected. A red arrow points to the 'Property Modifiers' button in the dialog box.

The table below is titled 'ETABS Buckling Restrained Brace Section Properties' and contains the following data:

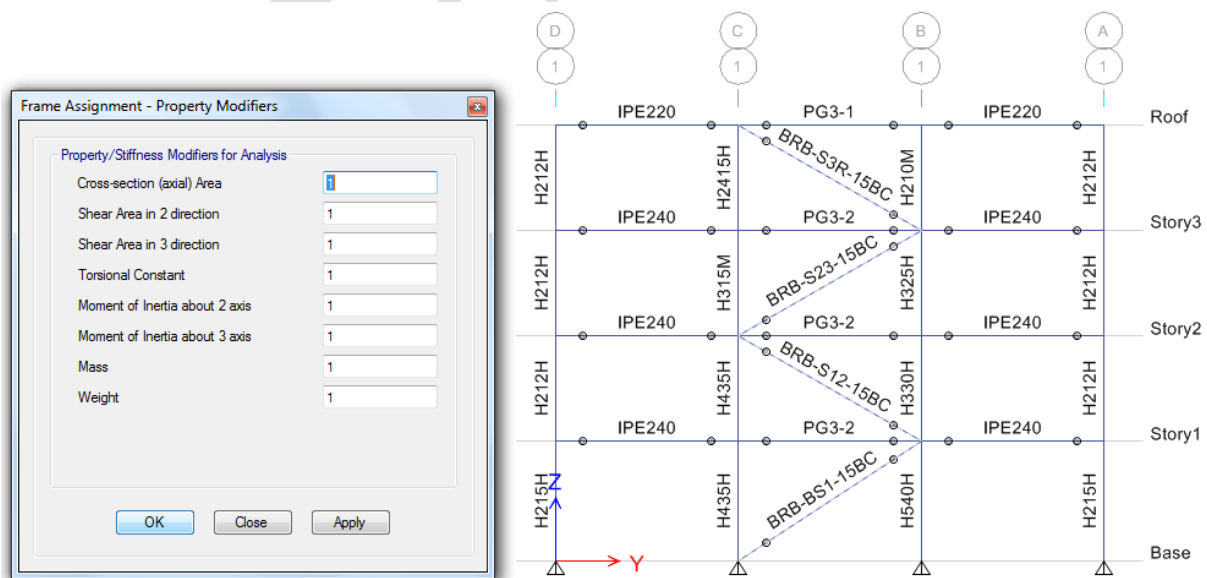
Property	DCR	Weight (kN)	Depth (mm)	Width (mm)	A <sub>yc</sub> (mm <sup>2</sup> )	K <sub>elastic</sub> (kN/mm)	L <sub>yielding</sub> (mm)	L <sub>elastic</sub> (mm)
1	0.96	12.453	260	260	4320	981.23	4803	2701
2	0.961	12.453	260	260	4320	981.23	4803	2701
3	0.793	5.556	200	200	2350	653.74	3752	2300
4	0.793	5.556	200	200	2350	653.74	3752	2300
5	0.793	5.556	200	200	2350	653.74	3752	2300
6	0.793	5.556	200	200	2350	653.74	3752	2300
7	0.602	21.572	350	350	6720	1505.32	4803	2701
8	0.602	21.572	350	350	6720	1505.32	4803	2701
9	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
10	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
11	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
12	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
13	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
14	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
15	0.718	23.146	350	350	8520	1929.45	4803	2701
16	0.718	23.146	350	350	8520	1929.45	4803	2701
17	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
18	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
19	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
20	0.441	10.906	280	280	4620	1290.60	3752	2300
21	0.584	30.042	400	400	9720	2104.20	4970	2796
22	0.584	30.042	400	400	9720	2104.20	4970	2796
23	0.359	17.568	350	350	6720	1741.05	3952	2422
24	0.359	17.568	350	350	6720	1741.05	3952	2422
25	0.359	17.568	350	350	6720	1741.05	3952	2422
26	0.359	17.568	350	350	6720	1741.05	3952	2422

شکل ۴-۳ اعمال مقادیر مورد نیاز جهت تعریف مقاطع پیش فرض مهاربند کمانش تاب برنامه ETABS می‌توانید جهت کنترل این مبحث که آیا ضرایب مربوطه درست محاسبه و تعریف شده‌اند، ضریب اصلاح سختی محوری محاسبه شده توسط برنامه ETABS را با مقدار محاسبه شده توسط برنامه صفحه گسترده مقایسه نمایید. برای این منظور پس از تعریف مشخصات مقطع بر بروی دکمه Modify/Show Modifiers ... از قسمت Property Modifiers کلیک نمایید و ضریب اصلاح سختی محوری محاسبه شده را با ضریب اصلاح سختی اعمالی K<sub>F</sub> مقایسه نمایید.

هامانطور که قبلاً نیز عنوان شد، به منظور افزایش سرعت همگرایی در محاسبات، ضریب اصلاح سختی محاسبه شده توسط برنامه صفحه گسترده به نزدیک‌ترین ضریب 0.05 گرد می‌شود، و بنابراین مقدار محاسبه شده توسط برنامه ETABS با مقدار محاسبه شده توسط نرم‌افزار صفحه گسترده قدری تفاوت خواهد داشت.



شکل ۴-۳۴ مقایسه ضریب اصلاح سختی محوری محاسبه شده توسط ETABS و برنامه صفحه گسترده نکته بسیار مهم این است که پس تعریف مقاطع و اختصاص آنها به مهاربندها، لازم است که کلیه مهاربندهای کمانش تاب انتخاب شده، و ضریب اصلاح سختی محوری آنها برابر 1.0 اعمال شود تا ضریب اصلاح سختی محوری محاسبه شده توسط خود نرم افزار در تحلیلها منظور شود.



شکل ۴-۳۵ اصلاح ضریب اصلاح سختی محوری مهاربندها



#### ۴-۱۳- ارسال اطلاعات طراحی مهاربندهای کمانش تاب به شرکت پویا تدبیر ویرا

با توجه به اینکه روش طراحی ارائه شده در این راهنما، روش طراحی بر مبنای مساحت هسته مهاربند است، لذا به منظور طراحی مهاربندهای کمانش تاب توسط تیم فنی شرکت پویا تدبیر ویرا، اطلاعات زیر باید از جانب مشاور محترم پروژه برای این شرکت ارسال شود:

۱- اطلاعات مربوط به مهاربندها شامل:

- تنش جاری شدن و حداکثر تنش قابل انتظار در فولاد مصرفی در هسته مهاربند،
- چیدمان، موقعیت و تعداد مهاربندها،
- مساحت بخش جاری شونده هسته فولادی هر مهاربند،
- ضریب تعدیل مقاومت فشاری ( $\beta$ ) و سخت‌شدگی کرنشی ( $\omega$ ) منظور شده در طراحی قاب پیرامونی برای هر مهاربند،
- ضریب اصلاح سختی و حداکثر میزان تغییر مجاز در این ضریب،
- ظرفیت تغییرشکلی مهاربند در هر انتها،
- شکل و محدودیت ابعادی غلاف فولادی پیرامونی،
- نوع اتصال هر مهاربند.

۲- اطلاعات مربوط به قاب‌های پیرامونی:

- ترازهای ارتفاعی طبقات (از روی کف ستون) و همچنین طول دهانه تیرها،
- مقطع تیرها و ستونهای پیرامونی و جهت قرارگیری ستون‌های H شکل،
- ضخامت دال بتنی طبقات،
- نوع اتصال تیر به ستون.

۳- نرم‌افزار مورد استفاده در تحلیل و طراحی و ورژن آن.

به عنوان یک نمونه مناسب به نقشه پیوست این گزارش توجه نمایید.

به دلیل اینکه در طراحی خود المان مهاربند کمانش تاب، طول بخش جاری شونده هسته فولادی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، لذا کلیه پارامترهای تاثیرگذار در تغییر از جمله ابعاد ورق اتصال مهاربند به سازه (Gusset Plate) نیز باید توسط سازنده مهاربندهای کمانش تاب انجام شده و نتایج آن به تایید مشاور محترم پروژه برسد.

#### ۴-۱۴- کنترل نهایی سازه پس از طراحی مهاربندهای کمانش تاب

پس از طراحی مهاربندهای کمانش تاب توسط تیم فنی شرکت پویا تدبیر ویرا، اطلاعات زیر به مشاور محترم پروژه ارسال می‌گردد، تا کنترل نهایی سازه توسط ایشان انجام شود:

- ۱- مقدرا دقیق تنش جاری شدن فولاد مصرفی در هسته مهاربند،
- ۲- ضریب اصلاح سختی محوری مهاربند با دقت 0.001،
- ۳- ضریب تعدیل مقاومت فشاری ( $\beta$ ) و سخت‌شدگی کرنشی ( $w$ ) هر مهاربند،
- ۴- جزئیات اتصالات مهاربندها شامل: ابعاد دقیق ورق اتصال و مشخصات جوش‌ها و دیگر وسایل اتصالی آن به سازه و پی، نوع اتصال مهاربند و جزئیات هندسی آن،
- ۵- بعد غلاف فولادی پیرامونی،
- ۶- مشخصات مدلسازی دقیق مهاربندها در نرم‌افزار مربوطه.

پس از اعمال موارد فوق و کنترل نهایی نیرویی مهاربندها و قاب‌های مهاربندی شده، در صورتیکه تغییری در فرضیات طراحی ایجاد نمی‌شود اقدام به ارائه جزئیات اجرایی پروژه نمایید، در غیر اینصورت تغییرات را برای تیم فنی شرکت پویا تدبیر ویرا ارسال نمایید.

## ۵- منابع و مراجع

- مبحث دهم مقررات ملی ساختمان ایران، طرح و اجرای ساختمان‌های فولادی، ویرایش ۱۳۹۲.
- آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، ویرایش چهارم، استاندارد ۹۳-۲۸۰۰.
- نظریه فنی سال ۱۳۹۴ مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی.
- دفترچه راهنمای نکات حائز اهمیت در محاسبات و نقشه‌های سازه، ویرایش دوم، سازمان نظام مهندسی ساختمان استان تهران، اسفند ماه ۱۳۹۴.
- ASCE/SEI 7-16, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, 2016.
- ANSI/AISC 360-16, Specification for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction, 2016.
- ANSI/AISC 341-16, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction, 2016.
- ANSI/AISC 341-10, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction, 2010.
- López W.A., and Sabelli R. (2004). "Seismic design of buckling-restrained braced frames", Steel TIPS Report, Structural Steel Education Council, Chicago, IL.
- Bruneau M., Uang C., and Sabelli R. (2011). "Ductile design of steel structures", McGraw-Hill, New York, NY.
- Kersting R.A., Fahnestock L.A., and López W.A. (2015). "NEHRP Seismic Design Technical Brief No. 11: Seismic Design of Steel Buckling-Restrained Braced Frames A Guide for Practicing Engineers", Applied Technology Council, Redwood City, CA.
- Robinson K. (2017). "Buckling Restrained Brace Frames", SE University.
- Unbonded Brace Basic Design Information (2006), Nippon Steel Engineering Co., Ltd.
- CoreBrace Quick Reference Connection (2016), West Jordan, UT.
- Tsai K.-C., Wu A.-C., Wei C.-Y., Lin P.-C., Chuang M.-C. and Yu Y.-J. (2014), Welded end-slot connection and debonding layers for buckling-restrained braces, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 43, pages 1785–1807, doi: 10.1002/eqe.2423

**پیوست ۱: نمونه نقشه ارسال توسط مهندسین مشاور به  
شرکت پویا تدبیر ویرا جهت طراحی و ساخت  
مهاربندهای کمانش تاب**



ام سیویول

این نقشه به سفارش مستقیم شرکت پویا تدبیر ویرا طراحی و تهیه شده است. کلیه حقوق مادی و معنوی مربوط به این نقشه، همینطور انتشار آن متعلق به شرکت پویا تدبیر ویرا بوده و هرگونه کپی برداری و یا انتشار آن بدون کسب اجازه رسمی، عملی غیراخلاقی بوده و قابل پیگرد قانونی است.

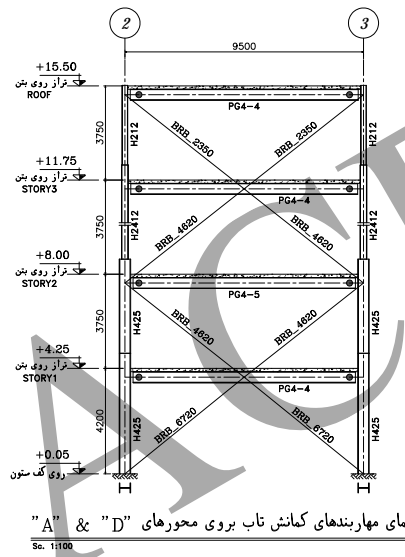
A B C D E F G H

جدول مشخصات مهاربندهای گمانش تاب

نوع مصالح	نوع اتصال	غلاف محافظ		تئیرشکل مهاربند (±) (mm)	ضریب اسلاخ سنجی مهاربند (KF)	ضریب تبدیل سخت‌شدگی کرنش (ω)	ضریب تبدیل مقاومت فشاری (β)	مساحت هسته (mm <sup>2</sup> )	تعداد	تراز (طبقه)	موقعیت		شانه (MARK)
		شکل	حداکثر ضخامت سکنه (mm)								بر روی محور	مابین محورها	
جوش	جوش	مربع	260	54.8	1.35	1.70	1.10	4320	1	ROOF	B-C	1	BRB_4320
جوش	جوش	مربع	350	52.7	1.35	1.70	1.10	6720	1	STORY3	B-C	1	BRB_6720
جوش	جوش	مربع	350	47.0	1.35	1.60	1.10	8520	1	STORY2	B-C	1	BRB_8520
جوش	جوش	مربع	400	43.1	1.35	1.60	1.10	9720	1	STORY1	B-C	1	BRB_9720
جوش	جوش	مربع	260	54.8	1.35	1.70	1.10	4320	1	ROOF	B-C	2	BRB_4320
جوش	جوش	مربع	350	52.7	1.35	1.70	1.10	6720	1	STORY3	B-C	2	BRB_6720
جوش	جوش	مربع	350	47.0	1.35	1.60	1.10	8520	1	STORY2	B-C	2	BRB_8520
جوش	جوش	مربع	400	43.1	1.35	1.60	1.10	9720	1	STORY1	B-C	2	BRB_9720
جوش	جوش	مربع	200	40.1	1.35	1.70	1.10	2350	2	ROOF	2-3	A	BRB_2350
جوش	جوش	مربع	280	32.4	1.35	1.60	1.10	4620	2	STORY3	2-3	A	BRB_4620
جوش	جوش	مربع	280	36.0	1.35	1.60	1.10	4620	2	STORY2	2-3	A	BRB_4620
جوش	جوش	مربع	350	32.6	1.35	1.60	1.10	6720	2	STORY1	2-3	A	BRB_6720
جوش	جوش	مربع	200	40.1	1.35	1.70	1.10	2350	2	ROOF	2-3	D	BRB_2350
جوش	جوش	مربع	280	32.4	1.35	1.60	1.10	4620	2	STORY3	2-3	D	BRB_4620
جوش	جوش	مربع	280	36.0	1.35	1.60	1.10	4620	2	STORY2	2-3	D	BRB_4620
جوش	جوش	مربع	350	32.6	1.35	1.60	1.10	6720	2	STORY1	2-3	D	BRB_6720

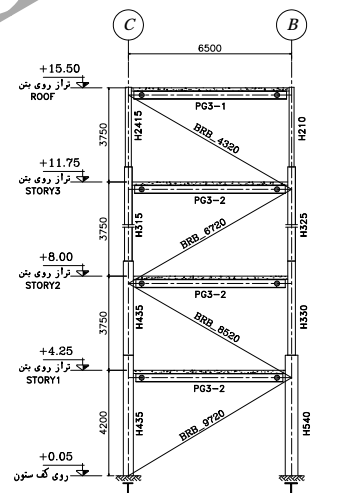
تذکرات:

- 1- فولاد مصرفی در هسته باید از نوع S235 (ST-37) با حداکثر تنش جاری شدن 235 MPa و حداکثر تنش جاری شدن 270 MPa باشد. در صورتیکه ضخامت ورق مصرفی در هسته فولادی برابر و یا بزرگتر از ۵ میلیمتر باشد، باید آزمایش ضربه شارپی انجام شود.
- 2- تولیدکننده گمانش تاب مهاربند باید جزئیات اتصال مهاربند را بر اساس ضوابط استاندارد AISC 341-16 طراحی کرده و جزئیات آنرا به تایید مشاوره پروژه برساند.
- 3- تولیدکننده مهاربند گمانش تاب باید نتایج آزمایشات مربوط به مهاربندهای مشابه را بر ضوابط استاندارد AISC 341-16 ارائه کرده و آنها را به تایید مشاوره پروژه برساند.
- 4- نتایج آزمایشات ارائه شده از سوی تولیدکننده باید ثابت کند که ضریب تبدیل مقاومت فشاری و ضریب تبدیل سخت‌شدگی کرنشی در تغییرشکل قابل انتظار، از مقادیر منظور شده طراحی فراتر نخواهد رفت (MAXIMUM ωβ=1.87).
- 5- ضرایب اسلاخ سنجی (KF) ارائه شده ضرایب مورد استفاده در طراحی است. ضرایب واقعی می‌تواند به مقدار 10% ± با این مقادیر تفاوت داشته باشد. سختی واقعی موثر مهاربند (Keff) بر اساس طول محور به محور مهاربند تعیین می‌شود:  $K_{eff} = KF \times A_{core} / L_{wp}$
- 6- تغییرشکل مهاربند باید در هر دو انتهای مهاربند و به صورت کششی و فشاری رخ دهد. تغییرشکل قابل انتظار در مهاربند، دو برابر این مقدار بوده و هسته مهاربند باید در این تغییرشکل (2x) پایدار بماند.



نمای مهاربندهای گمانش تاب بروی محورهای "A" & "D"

Sec. 1:100



نمای مهاربندهای گمانش تاب بروی محورهای "1" & "2"

Sec. 1:100

تذکرات:

- 1- اتصالاتی که با علامت  $\oplus$  مشخص شده از نوع اتصال گیردار تیر به ستون می‌باشد.
- 2- اتصالاتی که با علامت  $\opl�$  مشخص شده از نوع اتصال مفصلی تیر به ستون می‌باشد.
- 3- موقعیت وصله ستون ها با علامت  $\oplus$  مشخص شده است.
- 4- ضخامت دال بتنی طبقات برابر ۱۳۰ میلیمتر می باشد.
- 5- جهت قرارگیری ستونها در پای هر ستون مشخص شده است.
- 6- ابعاد مقاطع ستونها در نقشه شماره STR-08 و ابعاد مقاطع تیرها در نقشه شماره STR-14 ارائه شده است.

All dimensions to be verified on site before making any shop drawings or commencing any work.  
The copyright of this drawing remains with Pars Dynamics Engineering Group & Pooya Tadbir Virra.  
General notes

Rev	Date	Appd	Reason
1	27.04.2017	PN	for approval



Project Title  
4 Story Benchmark Building

Drawn Scale  
DN As Shown (at A2)  
Filename  
BRB Check  
Sheet Title

جزئیات مهاربندهای گمانش تاب

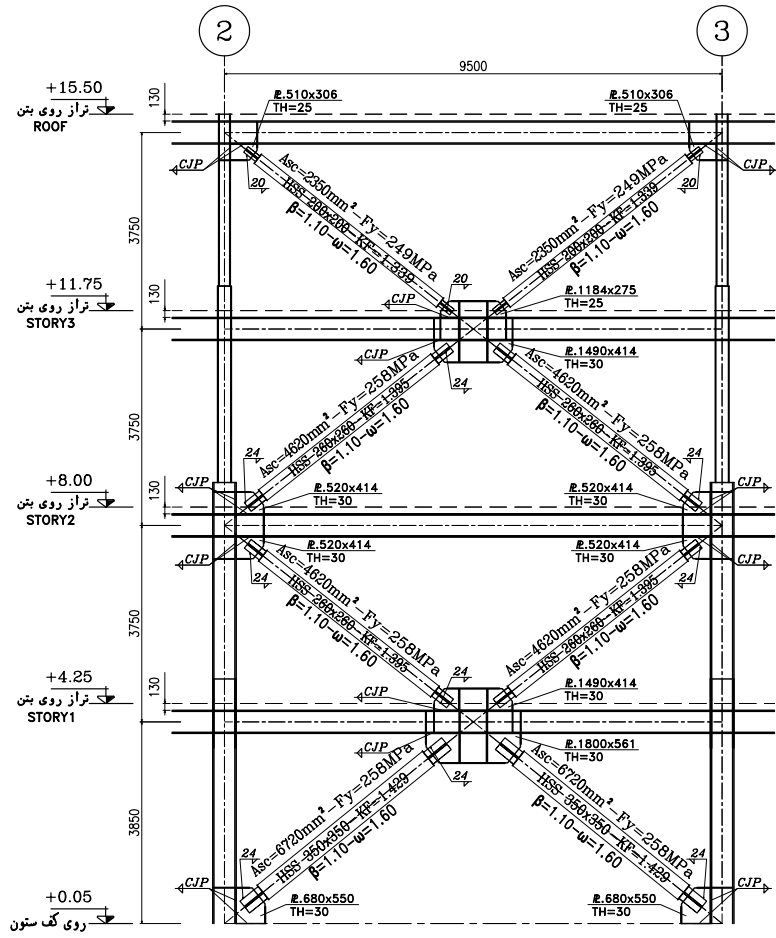
Job No  
17.04  
Sheet No  
BRB-01  
Rev  
1

ParsDynamicsEngineeringGroupParsDynamicsEngineeringGroupParsDynamicsEngineeringGroupParsDynamicsEngineeringGroupParsDynamicsEngineeringGroup

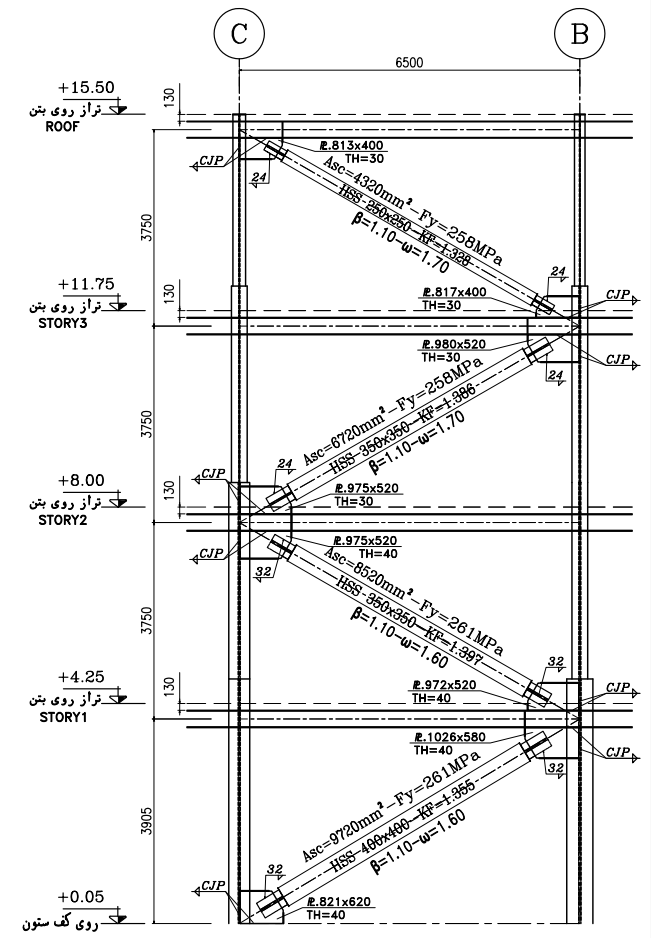
**پیوست ۲: نمونه نقشه ارسالی توسط شرکت پویا تدبیر  
ویرا به مهندسین مشاور پس از طراحی مهاربندهای  
کمانش تاب تحت نظارت مستقیم مهندسین مشاور  
Low Damage Design کشور نیوزلند**

جدول مشخصات اتصالات جوشی مهاربندهای گمانش ناب تولیدی شرکت پویا تدبیر ویرا (mm)

ساخت اجرایی مرد نیاز در محاسبات ASBmin (mm)	روش اتصال مهاربندها با ۸					قسمت	eCP	روش اتصال مهاربندها با ۸					نسبت	تراز (میلیمتر)	خواص	نماد (MARK)								
	W5	W6	W7	W8	W9			W3	W4	W5	W6	W7					W8	W9						
	L/5min	L/5min	L/5min	L/5min	L/5min			L/3min	L/3min	L/3min	L/3min	L/2min					L/2min	L/2min						
-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	400	400	CJP	813	817	24	220	260	B-C	1	BRB_4320	
-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	520	520	CJP	980	975	24	290	340	B-C	1	BRB_6720	
-	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	520	520	CJP	975	972	32	290	330	B-C	1	BRB_8520	
18907	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	620	620	CJP	1026	821	32	325	370	B-C	1	BRB_9720	
-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	400	400	CJP	813	817	24	220	260	B-C	2	BRB_4320	
-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	520	520	CJP	975	972	24	290	340	B-C	2	BRB_6720	
-	-	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-	-	520	520	CJP	975	972	32	290	330	B-C	2	BRB_8520	
18907	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-	-	620	620	CJP	1026	821	32	325	370	B-C	2	BRB_9720	
-	-	-	-	-	-	-	25	15	306	CJP	1244	510	-	-	CJP	510	-	20	135	180	ROOF	2-3	A	BRB_2350
-	-	-	-	-	-	-	30	15	414	CJP	1490	520	-	-	CJP	520	24	24	210	260	STORY3	2-3	A	BRB_4620
-	-	-	-	-	-	-	30	15	414	CJP	1490	520	-	-	CJP	520	24	24	210	260	STORY2	2-3	A	BRB_4620
5686	-	-	-	-	-	-	25	15	561	CJP	1800	550	-	-	CJP	550	24	24	290	340	STORY1	2-3	A	BRB_6720
-	-	-	-	-	-	-	25	15	306	CJP	1244	510	-	-	CJP	510	20	20	135	180	ROOF	2-3	D	BRB_2350
-	-	-	-	-	-	-	30	15	414	CJP	1490	520	-	-	CJP	520	24	24	210	260	STORY3	2-3	D	BRB_4620
-	-	-	-	-	-	-	30	15	414	CJP	1490	520	-	-	CJP	520	24	24	210	260	STORY2	2-3	D	BRB_4620
5686	-	-	-	-	-	-	30	15	561	CJP	1800	550	-	-	CJP	550	24	24	290	340	STORY1	2-3	D	BRB_6720



نمای مهاربندهای گمانش ناب بر روی محورها "D" و "A"  
So. 1/50



نمای مهاربندهای گمانش ناب بر روی محورها "2" و "1"  
So. 1/50

- تذکرات:
- ۱- الکتروود مصرفی جوشهای در محل باید از نوع E7018 بوده و باید قبل از استفاده بر اساس دستورالعمل تولید کننده بخته شود.
  - ۲- جنس ورق مصرفی برای سخت کننده های تیر و ستون باید از جنس مصالح مصرفی در تیر یا ستون باشد.
  - ۳- جزئیات عمومی اتصالات مهاربندها در نقشه شماره RSL-VB-WGD-01 ارائه شده است.
  - ۴- الزامات و توضیحات عمومی اجرایی مهاربندها در نقشه شماره RSL-VB-WGD-02 ارائه شده است.

تعمیر تاریخ شرح	
دفتر مرکزی: فرمان، خیابان دوسر، خیابان یاسی، خیابان آزادی، خیابان پاک اعتدالی، پلاک پانزدهم، طبقه دوم، واحد ۱	
تلفن: 021-28890064	پویا تدبیر ویرا سهامی خاص
فکس: 021-28890064	www.vibrace.com
فرسبته: DN	تعمیر: PN
عنوان پروژه	4 Story Benchmark Building
عنوان نقشه	جزئیات عمومی اجرایی مهاربندهای گمانش ناب جوشی
ویرایش: شماره نقشه شماره پروژه	WB-17-03 VB-WB-1703-01
1	1