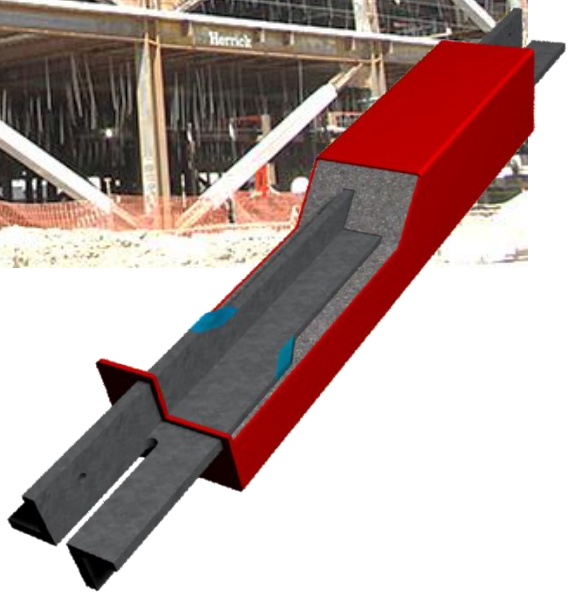
پـویـا تـدبیـر ویـــرا سـهامی خاص

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

بسم الله الرحمن الرحیم

پویا تدبیر ویرا سهامی خاص

فهرست مطالب

مقدمه ۱

۱- معرفی مهاربندهای کمانش تاب ۲

۲- اصول بنیادی طراحی قاب های مجهز به مهاربندهای کمانش تاب ۵

۲-۱- ظرفیت نیرویی عضو مهاربندی ۶

۲-۲- سختی واقعی و کنترل پایداری کرنشی هسته عضو مهاربندی ۶

۲-۳- الزامات و نیروی طراحی تیرها و ستون ها ۹

۲-۴- نیروی طراحی اتصالات مهاربندها ۱۱

۲-۵- ناحیه حفاظت شده ۱۱

۳- مراحل طراحی سازه مجهز به مهاربند کمانش تاب ۱۲

۴- مثال طراحی ۱۳

۴-۱- مشخصات عمومی ساختمان ۱۳

۴-۲- مشخصات لرزه ای سازه ۱۴

۴-۳- مشخصات بارگذاری ثقلی ۱۵

۴-۴- مدلسازی سازه مجهز به مهاربند کمانش تاب در نرم افزار ETABS ۱۶

۴-۵- تعریف مشخصات مهاربندهای کمانش تاب در نرم افزار ETABS ۱۷

۴-۵- ۱- تعریف مصالح فولادی هسته مهاربند کمانش تاب ۱۷

۴-۵- ۲- تعریف مشخصات مقطع مهاربند کمانش تاب ۱۸

۴-۶- اختصاص ضریب اصلاح سختی محوری مهاربندها ۲۱

۴-۷- تعریف پارامترهای طراحی ۲۳

۴-۸- طراحی اولیه سازه و کنترل نیرویی مهاربندهای کمانش تاب ۲۵

۴-۹- کنترل نیرویی و تغییرشکلی مهاربندهای کمانش تاب ۲۶

۴-۹- ۱- ایجاد فایل Access ورودی به برنامه و فراخوانی مدل در نرم افزار صفحه گسترده ۲۷

VIRABRACE

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

VIRABRACE

مقدمه

هدف از ارائه ارائه این راهنما، ارائه گام‌های مورد نیاز جهت طراحی سازه مجهز به مهاربندهای کمانش تاب به مهندسین 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 حیطه 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.

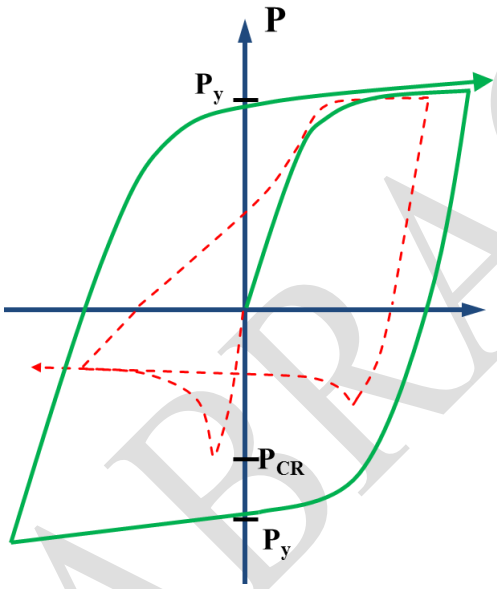
در زمان نگارش این راهنما فرض شده است که خواننده تسلط کامل بر طراحی سازه فولادی و بتنی مجهز به مهاربندهای فولادی متداول را دارا است.

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 تذکر داده تا در اسرع وقت و پس از بررسی نسبت به رفع نقایص اقدام شود.

VIRABRACE

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.



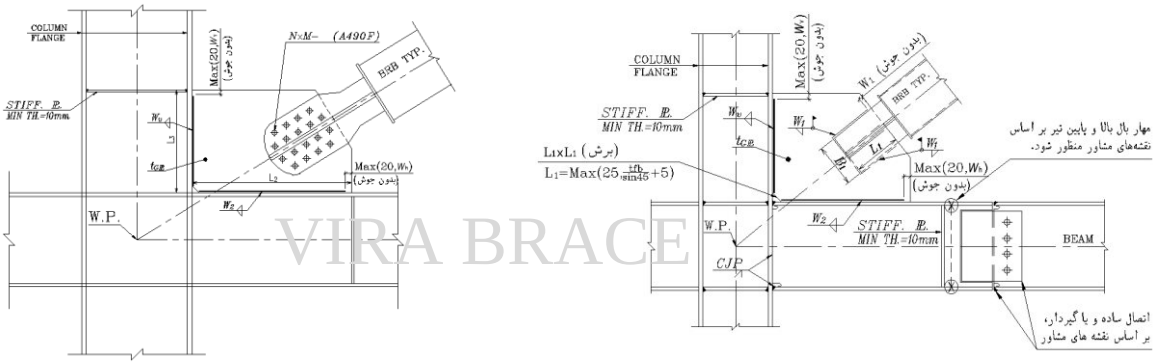
شکل ۱-۱: منحنی هیسترزیس مهاربند کمانش ناپذیر (منحنی سبز) در برابر مهاربند فولادی معمولی (منحنی قرمز)

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 شکل‌پذیری 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.

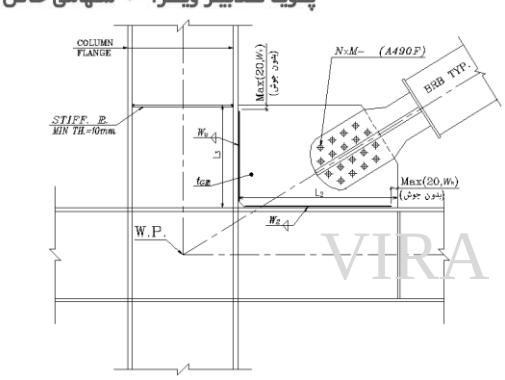
این نوع از مهاربندها را در کلیه سازه‌هایی که امکان نصب مهاربند در آنها وجود دارد، می‌توان به کاربرد. با توجه به تنوعی که در نحوه اتصال این نوع مهاربندها وجود دارد (جوشی، پیچی، وصله‌ای و مفصلی)، امکان استفاده از این نوع مهاربندها در طراحی و یا مقاوم‌سازی کلیه سازه‌های صنعتی، پل‌ها و ساختمان‌ها وجود دارد.

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

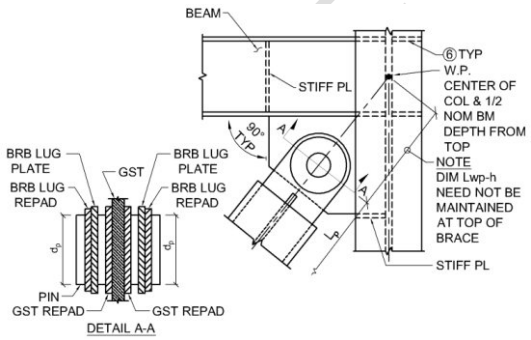
VIRABRACE



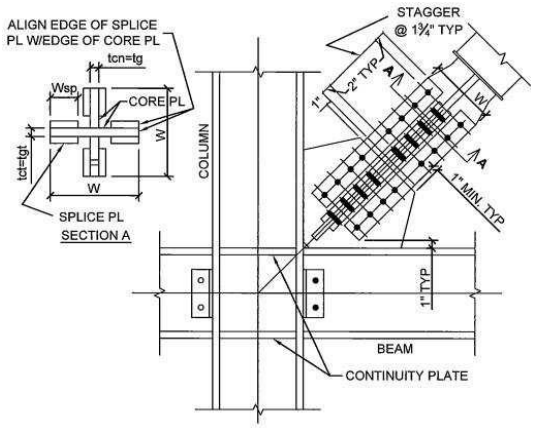
الف) اتصال جوشی



ب) اتصال پیچی



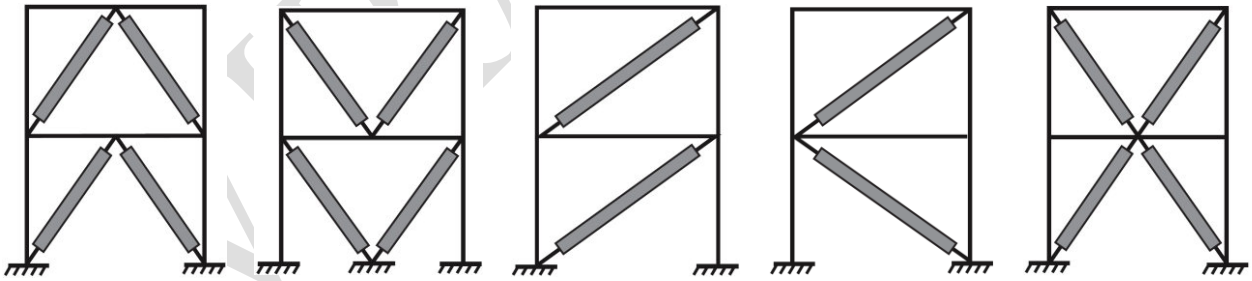
پ) اتصال مفصلی-پینی



ت) اتصال وصله‌ای

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 نمی‌باشد. چیدمان‌های مختلف قابل استفاده برای این نوع از مهاربندها در شکل زیر ارائه شده است.

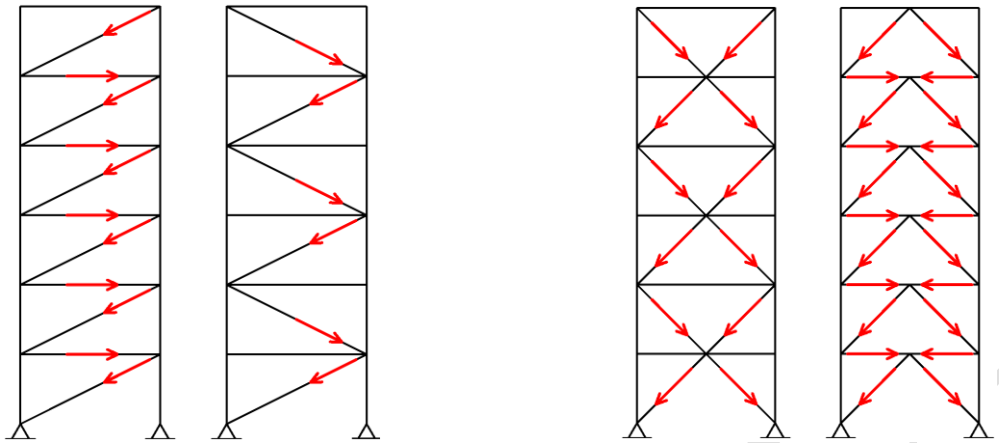


مهاربند X چند طبقه | مهاربند قطری (زیگ‌زاگ) | مهاربند قطری (تک جهته) | مهاربند ۷ | مهاربند ۸

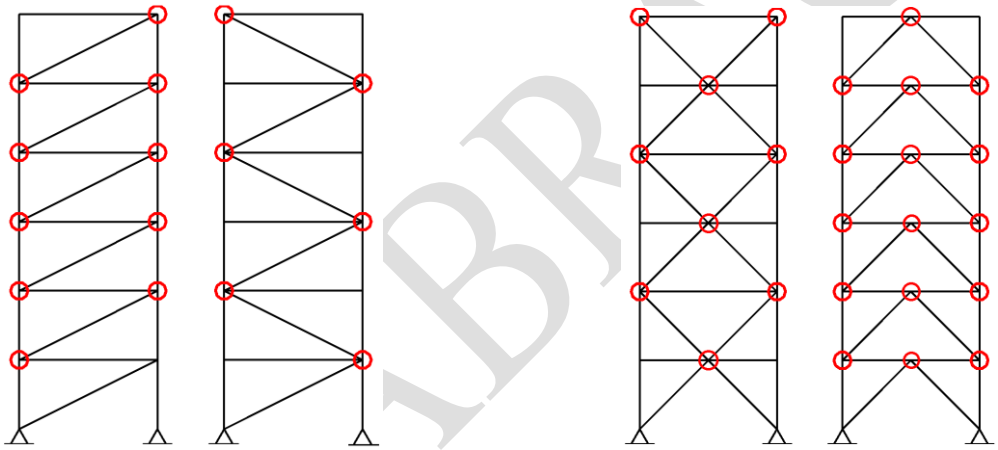
شکل ۱-۳: چیدمان‌های مختلف برای مهاربندهای کمانش تاب

هریک از این چیدمان‌ها دارای معایب و مزایای هستند، که باید در زمان طراحی اولیه هر پروژه بررسی شود. جهت تعیین بهترین چیدمان برای پروژه خود می‌توانید 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 می‌شود:



(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 می‌تواند کمک شایانی به جایگذاری درهای ورودی در این چیدمان‌ها داشته باشد.

VIRABRACE

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 می‌شود:

- بر اساس ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، ضریب رفتار و اضافه مقاومت سیستم قاب ساختمانی (اتصال مفصلی تیرها و پای ستون‌ها) به اضافه مهاربند کمانش تاب به ترتیب برابر R_u=7.0 و Ω_0=2.5 است، این مقادیر برای مهاربندی همگرای ویژه فولادی برابر R_u=5.5 و Ω_0=2.0 است. ضریب بزرگنمایی تغییرشکل برای مهاربند کمانش تاب و همگرای ویژه فولادی برابر C_d=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 شکل‌پذیری زیاد به اضافه مهاربند کمانش تاب استفاده می‌شود، ضریب رفتار را می‌توان 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 می‌شود.
- ظرفیت طراحی مهاربندها تنها بر اساس ظرفیت جاری شدن هسته فولادی مهاربند تعیین می‌شود.
- بر اساس الزامات طراحی لرزه‌ای مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، نیاز طراحی تیرها، ستون‌ها و اتصالات آنها در سازه مجهز به مهاربند همگرای ویژه فولادی، باید از دو تحلیلی حاصل شود که در یکی فرض می‌شود مهاربندهای کششی به ظرفیت جاری شدن ($R_yF_yA_g$) و مهاربندهای فشاری به ظرفیت کمانشی خود ($1.14F_{cre}A_g$) رسیده، و در تحلیل دیگر فرض می‌شود مهاربندهای کششی به ظرفیت جاری شدن ($R_yF_yA_g$) و مهاربندهای فشاری به ظرفیت پسا کمانشی خود ($0.3\times1.14F_{cre}A_g$) رسیده باشد. این در حالیست که با توجه ماهیت شکل‌پذیری مهاربند کمانش تاب، در تعیین نیاز طراحی تیرها، ستون‌ها و اتصالات آنها سازه مجهز به این نوع مهاربند تنها یک تحلیل و با فرض رفتار غیرخطی مهاربندها ($T_{max}=\omega R_yF_yA_{sc}$ و $C_{max}=\omega\beta R_yF_yA_{sc}$) انجام می‌شود. الزامات تعیین این نیازها در بخش‌های بعدی ارائه شده است.

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

VIRABRACE

۲–۱– ظرفیت نیرویی 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:

$$\phi P_{ysc} = \phi F_{ysc} A_{sc} \qquad (۱)$$

که در این رابطه:

ϕ: ضریب کاهش مقاومت و برابر ۰٫۹ منظور می‌شود،

F_{ysc}: حداقل تنش تسلیم فولاد هسته، یا تنش تسلیم واقعی که از آزمایش به دست می‌آید،

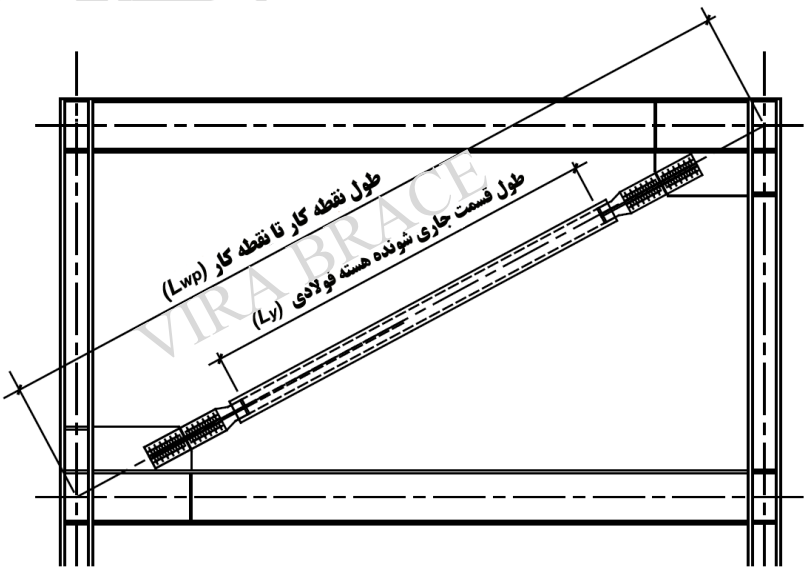
A_{sc}: سطح مقطع هسته فولادی (قسمت جاری شونده).

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:

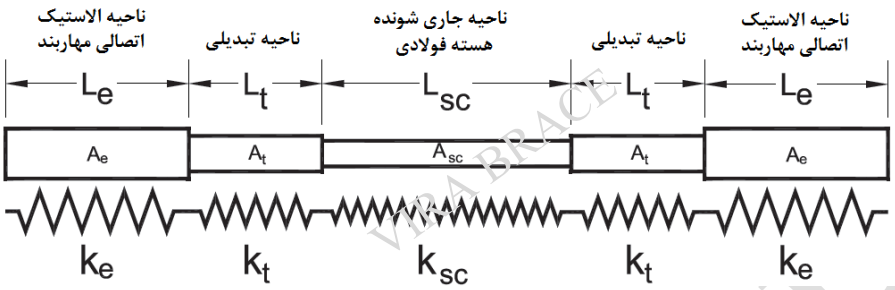
$$K_{sc_wp} = \frac{EA_{sc}}{L_{wp}} \qquad (۲)$$



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

VIRA BRACE

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:



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

در نتیجه جهت مدلسازی صحیح عضو مهاربند کمانش تاب در نرم‌افزار 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:

$$KF = \frac{K_{eff}}{K_{sc_wp}} \qquad (۴)$$

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 تغییرمکان نسبی واقعی طبقه تحت اثر زلزله طرح (زلزله استاندارد ۲۸۰۰):

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

که در این رابطه:

VIRABRACE

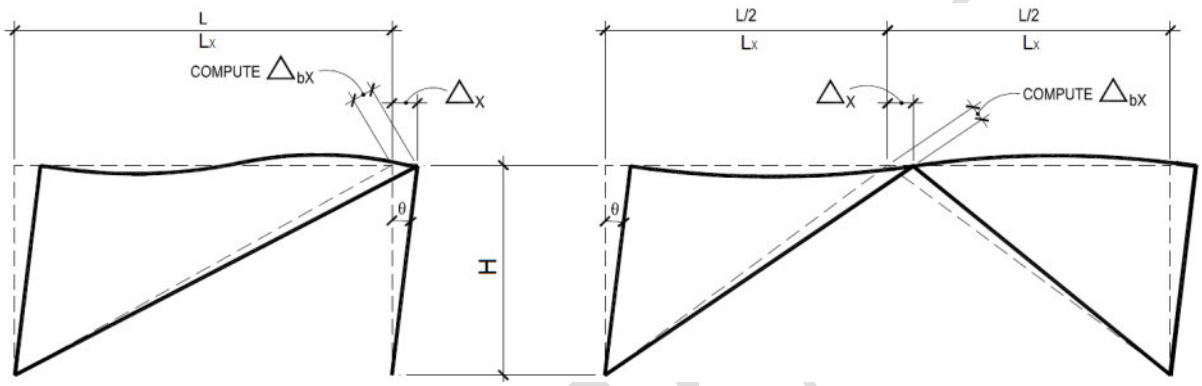
C_d: ضریب بزرگنمایی تغییرمکان جانبی،

Δ_{eu}: تغییرمکان جانبی نسبی ارتجاعی طبقه تحت اثر زلزله طرح است.

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

$$\Delta_{X\,2} = 0.02 H_{Story} \qquad (۶)$$

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



$$\Delta_{bX} = Max\,(\Delta_{X\,1}, \Delta_{X\,2}) + \Delta_{Gravity} \qquad (۷)$$

$$\Delta_{bX} = \sqrt{H^2 + (L_X + \Delta_X)^2} - \sqrt{H^2 + L_X^2} \qquad (۸)$$

بر اساس ضوابط ارائه شده در استاندارد ASCE 41-13، حداکثر مقدار کرنش پلاستیک هسته فولادی باید برابر $\varepsilon_{b\,max}$=2.5% باشد. توجه شود که این معیار بر اساس ضوابط استانداردهای امریکا، که در زمینه کنترل تغییرمکان جانبی بسیار از ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ سختیگرانه‌تر 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 $\varepsilon_{b\,max}$=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.

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 می‌شود. بر اساس تجربیات این شرکت، با توجه به ضوابط

VIRABR

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 هرچقدر 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 می‌گردد تا هرچه سریعتر وارد رفتار غیرخطی شود. بقیه اعضای 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، ω، β بر مقاومت عضو مهاربندی محاسبه می‌شود. در این صورت مقاومت اصلاح شده مهاربند در کشش و فشار به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$T_{\max} = \omega R_y P_{ysc} = \omega R_y F_{ysc} A_{sc} \qquad (۹)$$

$$C_{\max} = \beta\omega R_y P_{ysc} = \omega R_y F_{ysc} A_{sc} \qquad (۱۰)$$

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 ورق‌های 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 می‌گردد.

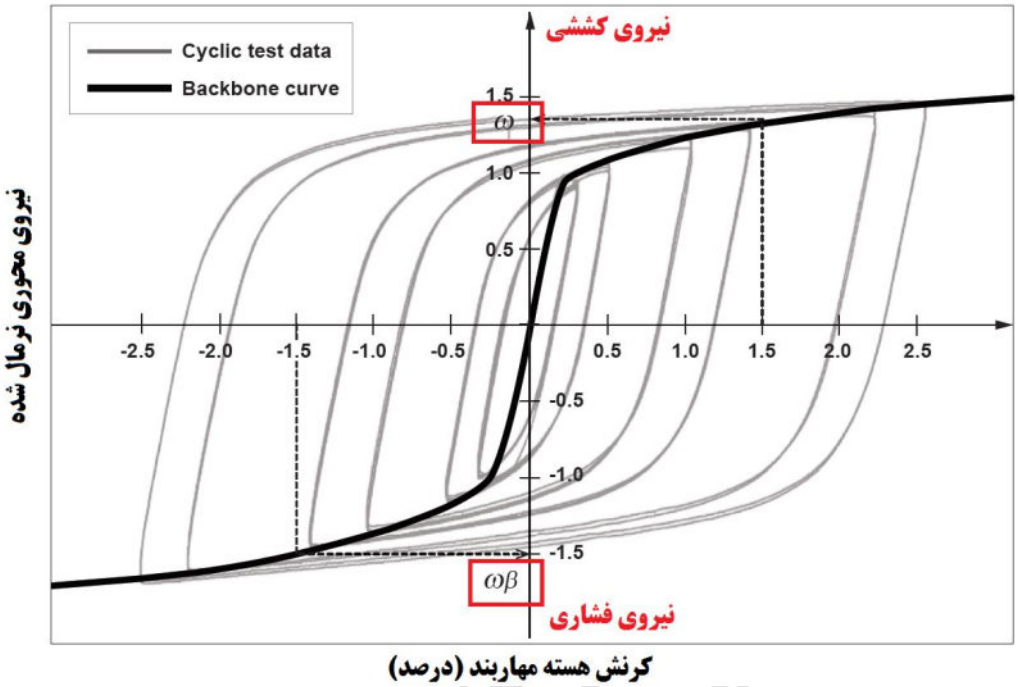
ω: ضریب منظور نمودن اثر سخت‌شدگی کرنشی در هسته فولادی مهاربند،

β: 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 نمونه‌های 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

VIRABRACE

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



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

نکته بسیار بسیار مهم در تعیین ضرایب اصلاح نیروی مهاربندهای کمانش تاب این مسئله است که ضرایب ω و β باید در کرنشی محاسبه شوند که از تقسیم تغییرمکان Δ_{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 ω=1.6 و β=1.1 به عنوان یک حدس اولیه مناسب استفاده کنید.

کرنش هسته مهاربند (٪)	ω	β
$0 \le \varepsilon \le 0.5$	1.2	1.05
$0.5 < \varepsilon \le 1.0$	1.4	1.05
$1.0 < \varepsilon \le 1.5$	1.5	1.10
$1.5 < \varepsilon \le 2.0$	1.6	1.10
$2.0 < \varepsilon \le 2.5$	1.7	1.10
$2.5 < \varepsilon \le 3.0$	1.8	1.15
$3.0 < \varepsilon \le 4.0$	2.0	1.20

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 λ_{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 λ_{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 می باشد.

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.

VIRABRACE

۳- مراحل طراحی سازه مجهز به مهاربند کمانش تاب

۴- مثال طراحی

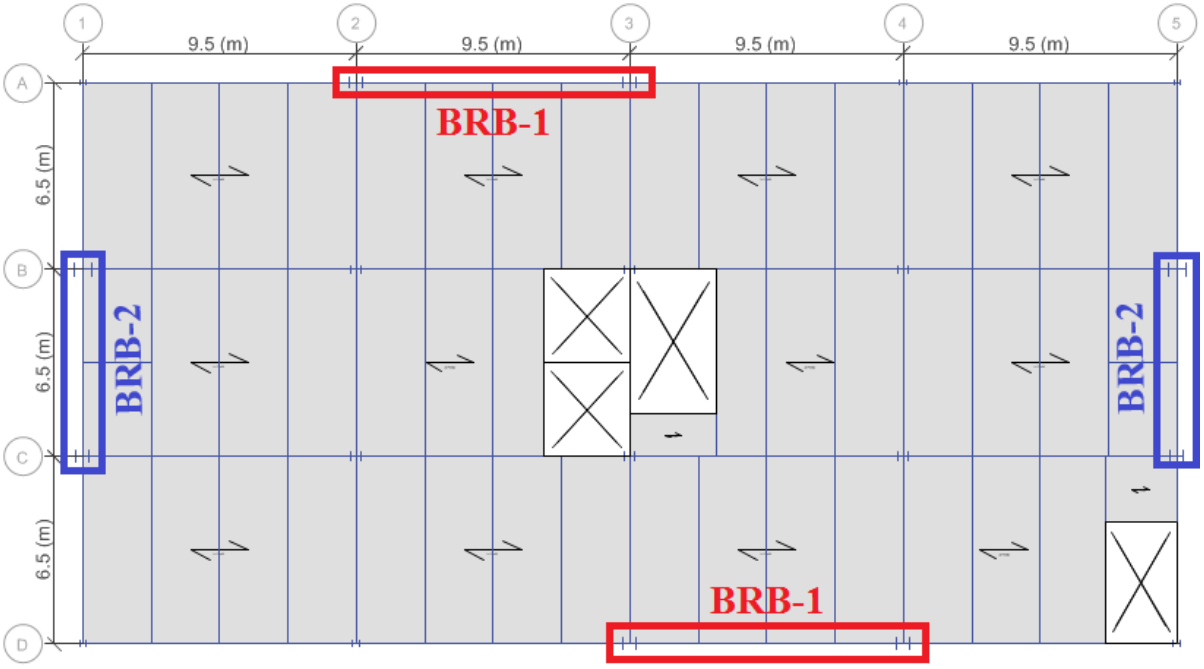
سازه نمونه طراحی شده، همانند سازه اراده شده در راهنکای طراحی لرزه‌ای ویرایش ۲۰۱۰ استاندارد AISC است، با این تفاوت که سیستم باربر جانبی در هر دو جهت به صورت قاب ساختمانی به همراه مهاربندهای کمانش تاب می‌باشد. همچنین به منظور امکان ایجاد اجرای مهاربندها به صورت قطری در جهت عرضی ساختمان، طول دهانه‌ها از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

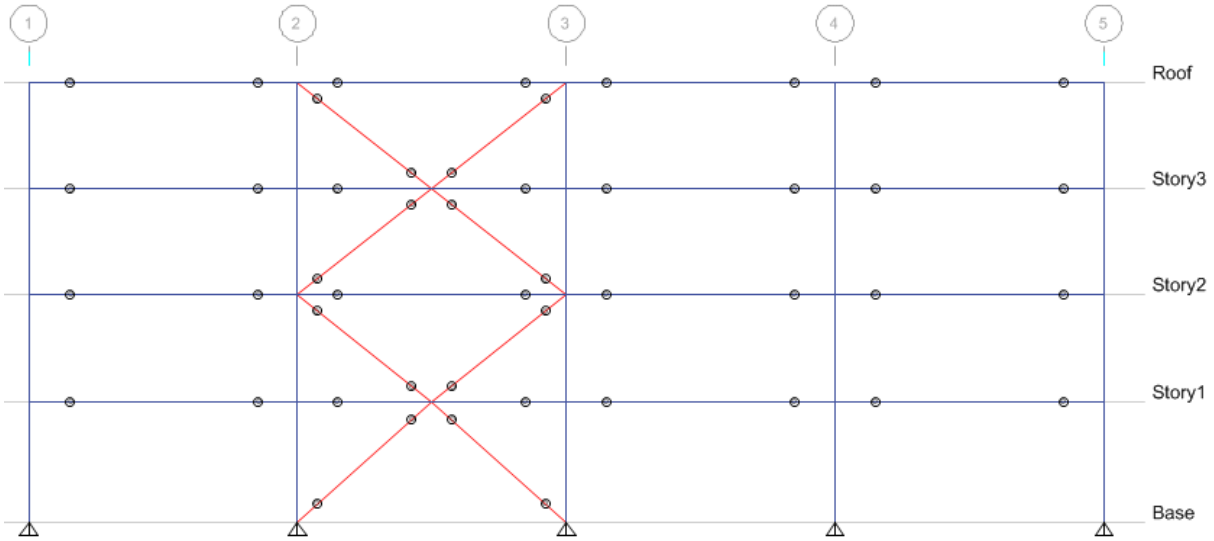
سیستم باربر جانبی در هر دو جهت به صورت سیستم قاب ساختمانی (اتصال مفصلی میان تیرها و ستون‌ها) به همراه مهاربند کمانش تاب منظور شده است. با توجه به دهانه‌های قاب‌ها و به منظور قابلیت تامین بازشو جهت احداث پنجره، مهاربندهای کمانش تاب در جهت طولی به صورت ۷ و ۸ (مهاربند X دو طبقه) و در جهت عرضی به صورت قطری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

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

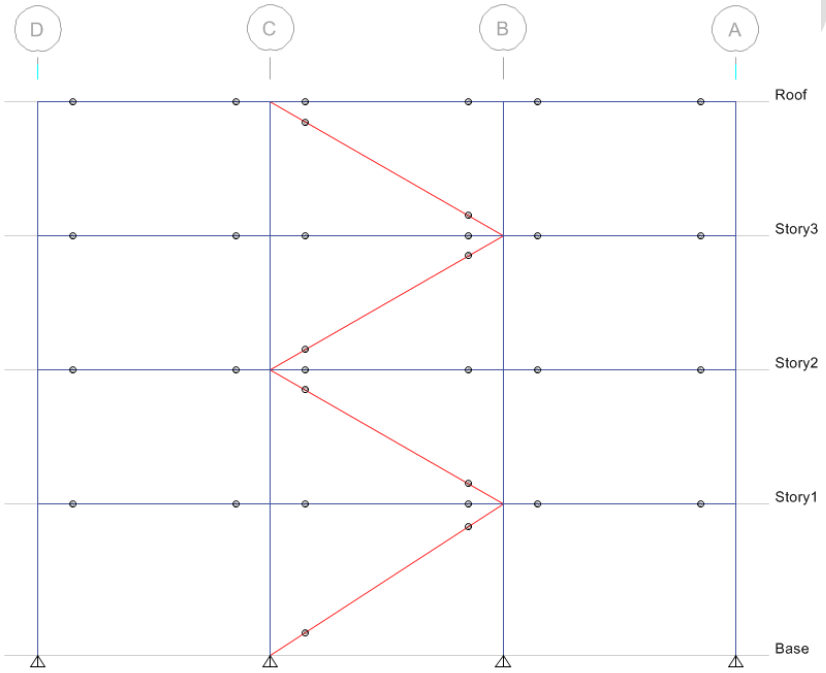


شکل ۴-۱: پلان تیپ طبقات ساختمان مورد بررسی

BRACE



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 لرزه‌ای برابر I_e=1.0 منظور می‌شود. همچنین با توجه تعداد دهانه‌های مهاربندی در هر جهت ضریب نامعینی سازه در هر دو جهت برابر ρ=1.2 منظور می‌شود. محاسبه ضریب زلزله طرح بر اساس ویرایش چهارم ۲۸۰۰ در زیر ارائه شده است:

مشخصات ارتفاعی ساختمان:		
ارتفاع ساختمان از روی تراز پایه (متر):	15.5	H (m) =
کل تعداد طبقات ساختمان:	4	No. Story =
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):	0.391	T(sec)=0.05H^0.75=
زمان تناوب تجربی سازه با در نظر گرفتن تبصره ها (ثانیه):	0.488	T (sec) =
زمان تناوب اصلی نوسان حاصل از تحلیل دینامیکی (ثانیه):	0.702	T_D (sec) =
زمان تناوب مورد استفاده در تعیین ضریب زلزله (ثانیه):	0.488	T_X (sec) =
در جهت Y ساختمان:		
نوع کلی سیستم باربر جانبی:	**سایر سیستم ها**	
زمان تناوب حاصل از روابط تجربی (ثانیه):	0.391	T(sec)=0.05H^0.75=
زمان تناوب تجربی سازه با در نظر گرفتن تبصره ها (ثانیه):	0.488	T (sec) =
زمان تناوب اصلی نوسان حاصل از تحلیل دینامیکی (ثانیه):	0.819	T_D (sec) =
زمان تناوب مورد استفاده در تعیین ضریب زلزله (ثانیه):	0.488	T_Y (sec) =
نسبت شتاب مبنای طرح:		
میزان لرزه خیزی محل پروژه:	پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد	
نسبت شتاب مبنای طرح به شتاب ثقل:	0.35	A (g) =
ضریب بازتاب ساختمان:		
نوع زمین ساختگاه پروژه:	III	Soil Type =
پارامترهای مربوط به ضریب بازتاب ساختمان		
T_S (sec) =	0.70	T_0 (sec) = 0.15
S_0 =	1.10	S = 1.75
ضریب شکل طیف		
B1x=S+1=	2.750	T0<Tx<Ts →
B1y=S+1=	2.750	T0<Ty<Ts →

ضریب اصلاح طیف بر اساس شرایط نزدیک از گسل		
Nx=	1.000	Tx<Ts →
Ny=	1.000	Ty<Ts →
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:	1.0	I =
ضریب رفتار ساختمان:		
در جهت X ساختمان:		
سیستم سازه ساختمان در جهت X:	سیستم قاب ساختمانی	
سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی:	مهاربندی کمانش تاب	
ضریب رفتار ساختمان در جهت X:	7.0	R_{uX} =
در جهت Y ساختمان:		
سیستم سازه ساختمان در جهت Y:	سیستم قاب ساختمانی	
سیستم مقاوم در برابر نیروهای جانبی:	مهاربندی کمانش تاب	
ضریب رفتار ساختمان در جهت Y:	7.0	R_{uY} =
ضریب نامعینی سازه:		
ضریب نامعینی سازه در جهت X:	1.2	ρ_X =
ضریب نامعینی سازه در جهت Y:	1.2	ρ_Y =
ضریب زلزله وارد بر و توزیع آن در ارتفاع ساختمان:		
روش طراحی سازه:	حالت حدی	
حداقل ضریب زلزله طراحی ساختمان:	0.042	C_{min}=0.12AI =
ضریب زلزله وارد بر ساختمان در جهت X:	0.138	C_X=AB_XI/R_{uX} =
ضریب زلزله وارد بر ساختمان در جهت Y:	0.138	C_Y=AB_YI/R_{uY} =
ضریب توزیع نیروی زلزله در ارتفاع در جهت X:	1.00	Kx=
ضریب توزیع نیروی زلزله در ارتفاع در جهت Y:	1.00	Ky=
ضرایب زلزله مربوط به نیروی قائم زلزله ناشی از بار مرده ساختمان:		
S_{ds} =	1.05	$DL_{Multiplier}$ = 0.21

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

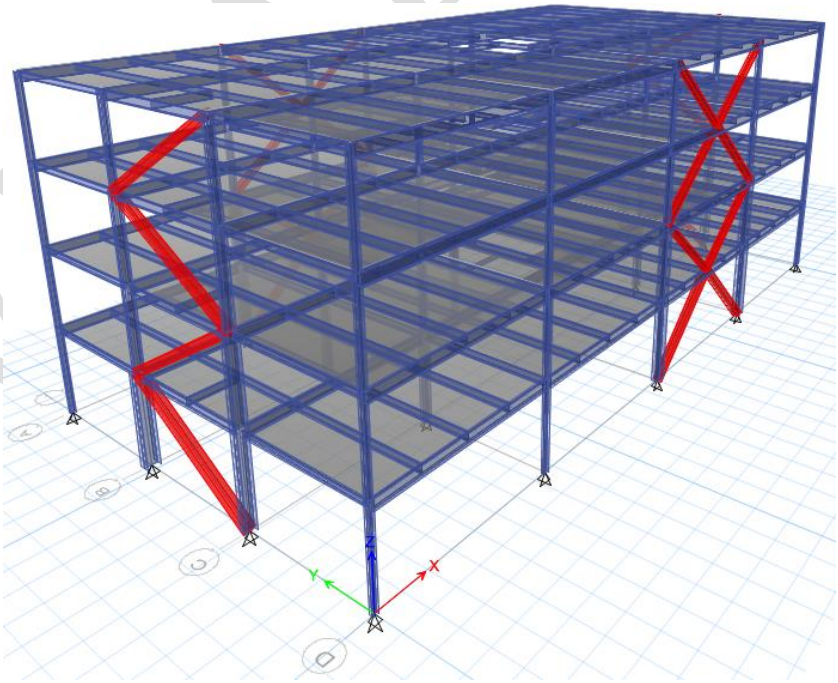
- وزن واحد طول دیوارهای جانپناه: 370 kgf/m
- وزن واحد طول دیوارهای سنگین داخلی: 785 kgf/m
- بار زنده کف طبقات اداری (دفاتر کار معمولی): 2.5 kN/m^2
- وزن دیوارهای تقسیم‌کننده: 1.0 kN/m^2
- بار زنده کف بام: 1.5 kN/m^2
- راهرو و پلکان: 3.5 kN/m^2

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

نرم‌افزار 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 می‌توانید از طریق دستور اضافه نمودن و یا وارد نمودن مقطع به نرم‌افزار 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 نمی‌کند و بسیاری از کنترل‌ها حتی در صورت استفاده از مقاطع پیش فرض برنامه نیز باید به صورت دستی انجام شود. اما در صورتیکه قصد انجام تحلیل‌های غیرخطی را دارید، اکیداً توصیه می‌شود 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.

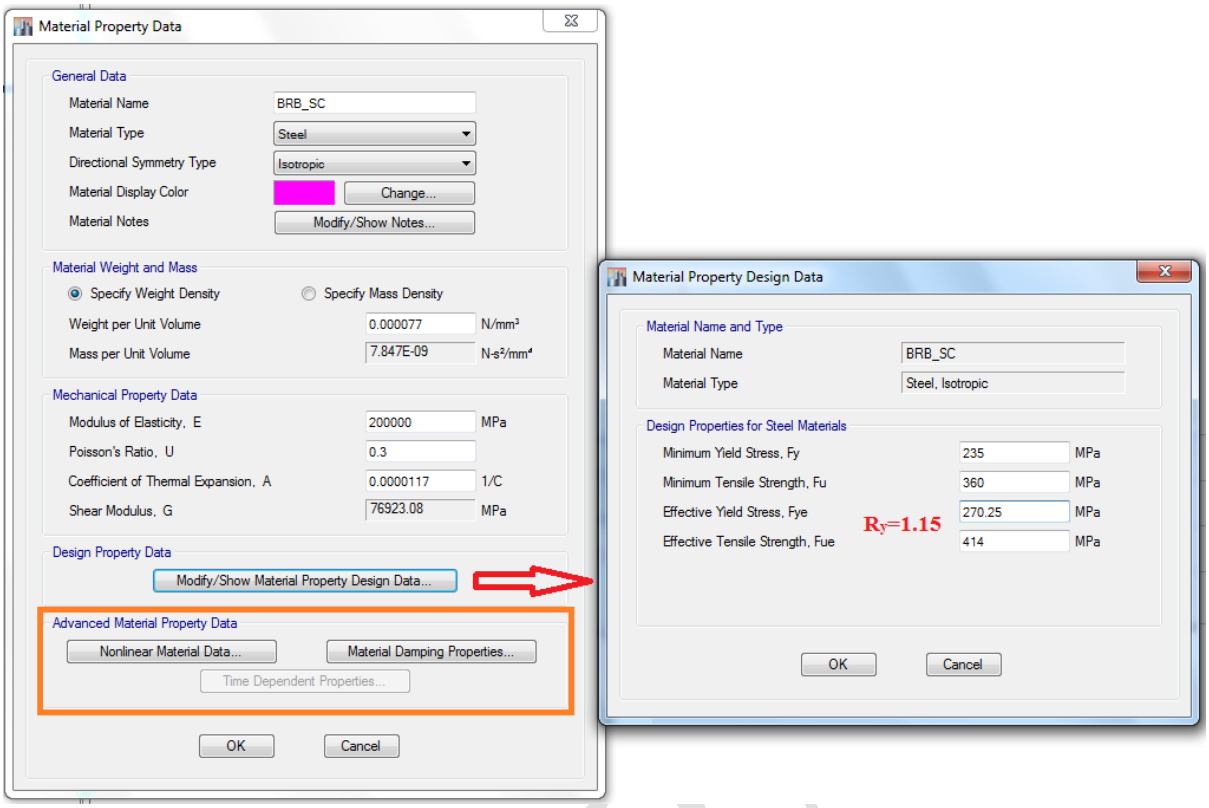
۴–۵– ۱– تعریف مصالح فولادی هسته مهاربند کمانش تاب

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 JIS G 3136 SN400 B, ASTM A36 و یا تولیدات کشور نیوزلند از نوع G300 می‌باشد. مشخصات فولاد ASTM A36 که در برخی از کارخانه‌های ایران نیز تولید می‌شود، 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 نرم‌افزار ETABS اعمال شده است:

VIRABRACE



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 استو 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 می‌شود:

مقدار گام افزایشی در مساحت (cm^2)	محدود مساحت هسته (cm^2)
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	$340.0 < A_{sc}$

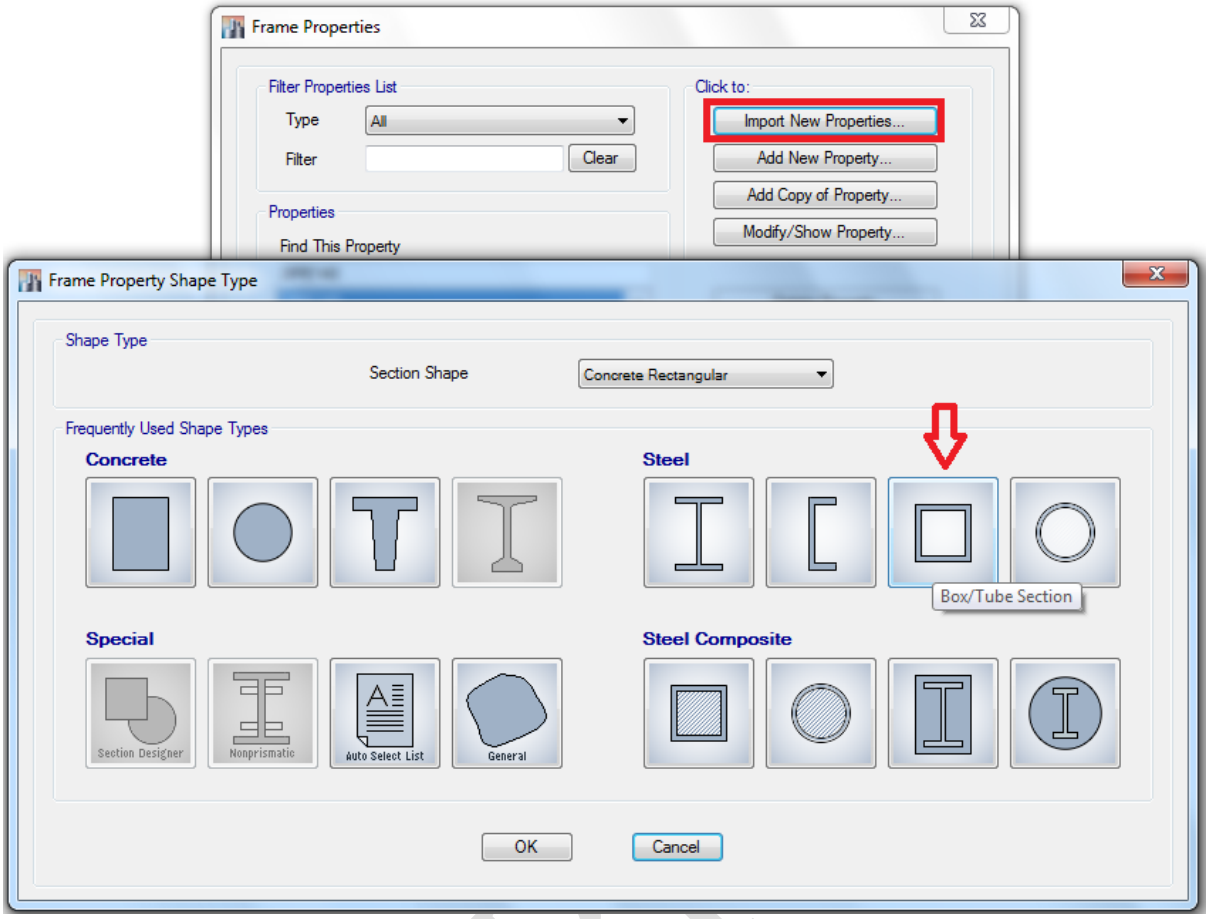
اما به منظور دستیابی به یک طرح بهینه، اکیداً توصیه می‌شود که از مقاطع پیشنهادی این شرکت استفاده کنید. این مقاطع به صورت فایل xml از سایت این شرکت قابل دانلود است.

با توجه به اینکه مهاربند کمانش تاب باید هم در کشش و هم در فشار جاری شود. جهت نیل به این هدف در نرم‌افزار 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 نرم‌افزار 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

VIRABRACE

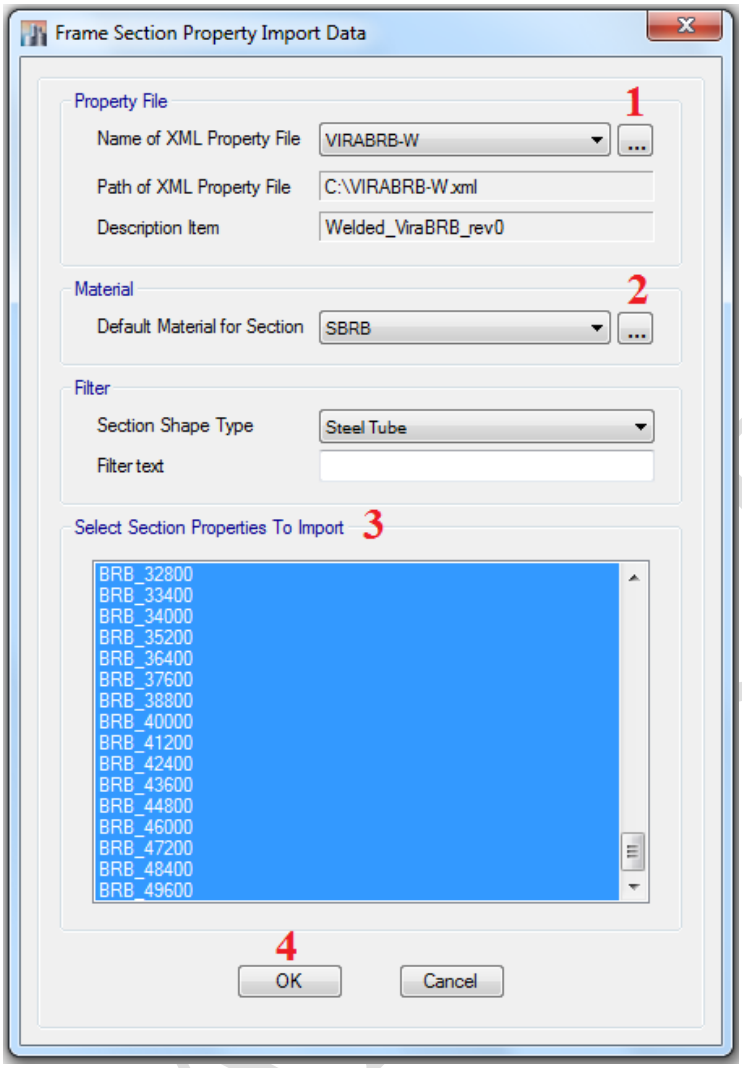


شکل ۴-۶: نحوه وارد کردن مقاطع مهاربند کمانش تاب در نرم‌افزار ETABS (۱)

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 (mm^2) است. همچنین بعد خارجی مقطع Box نشان دهنده عرض غلاف فولادی پیرامونی مورد نیاز برا یک مهاربند کمانش تاب به طول تقریبی ۷ متر است. جهت اطلاع از بعد غلاف برای طول‌های 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.

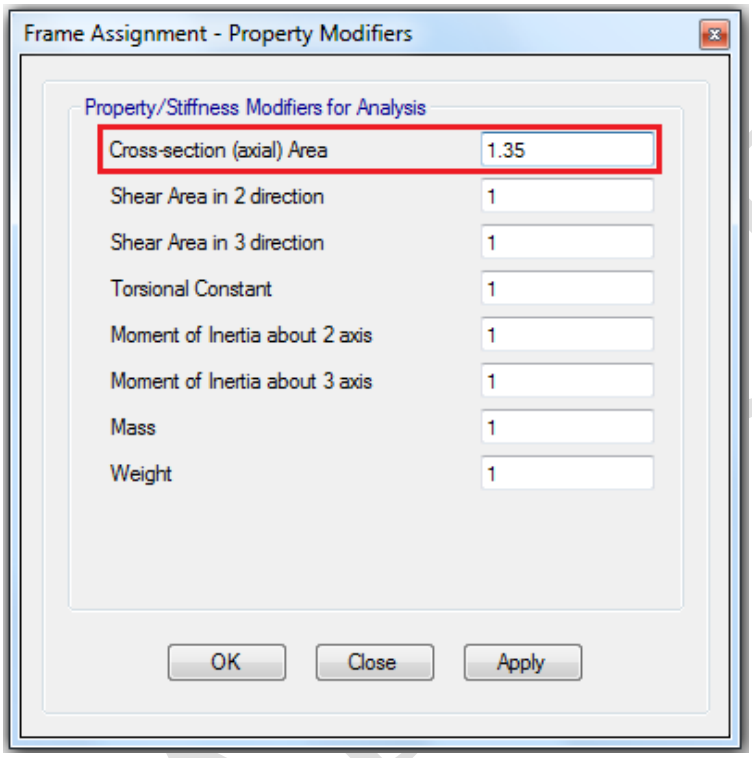
۴-۶- اختصاص ضریب اصلاح سختی محوری مهاربندها

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 مهابندهای 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 اسا راهنمای طراحی لرزه‌ای AISC برابر ±10% است. این مسئله در بخش‌های بعدی بیشتر توضیح داده می‌شود.

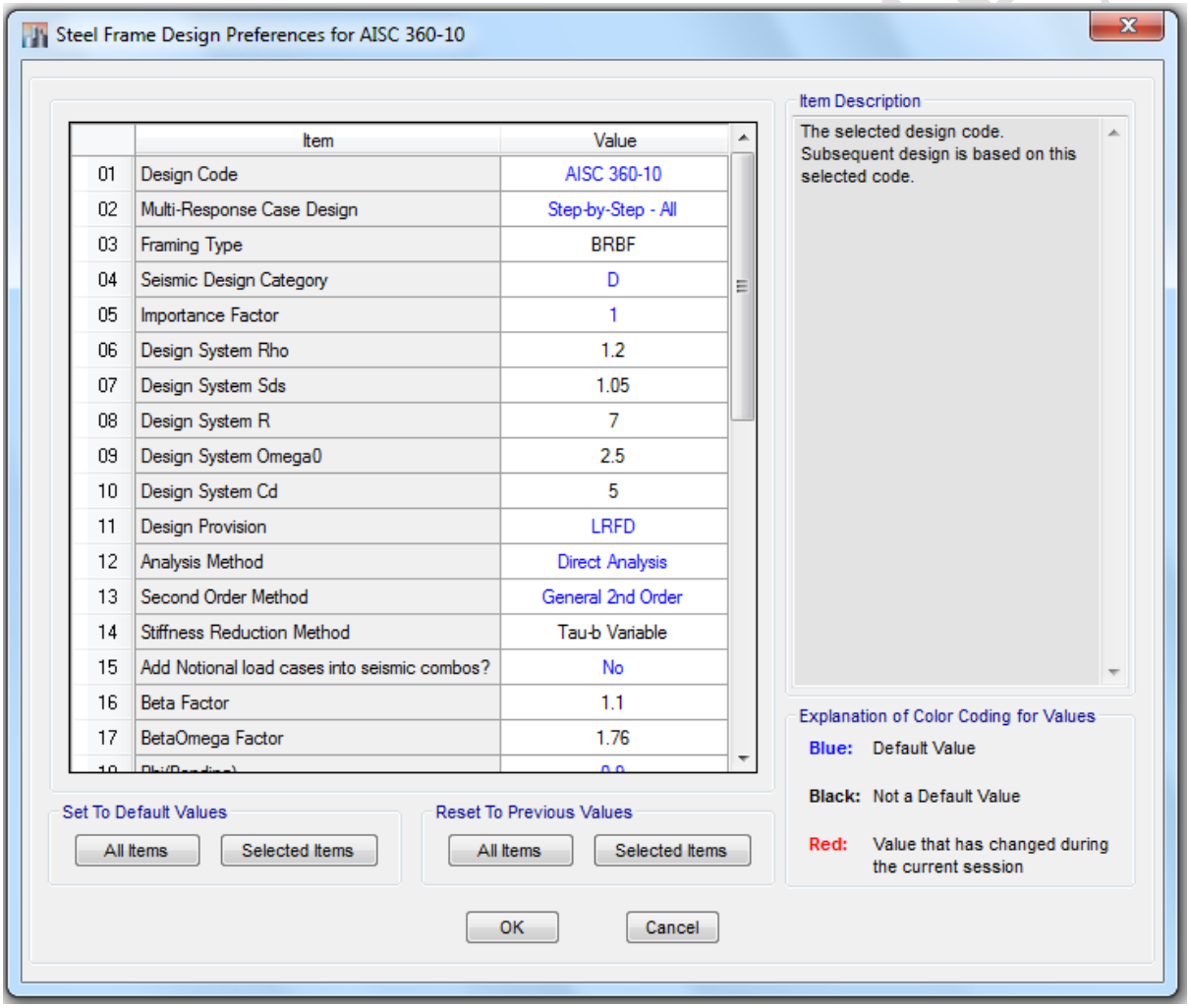
$$KF_{Drift\ -Core\ Strain} = 0.9 \times KF$$

$$KF_{BraceForce} = 1.1 \times KF$$

۴-۷- 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

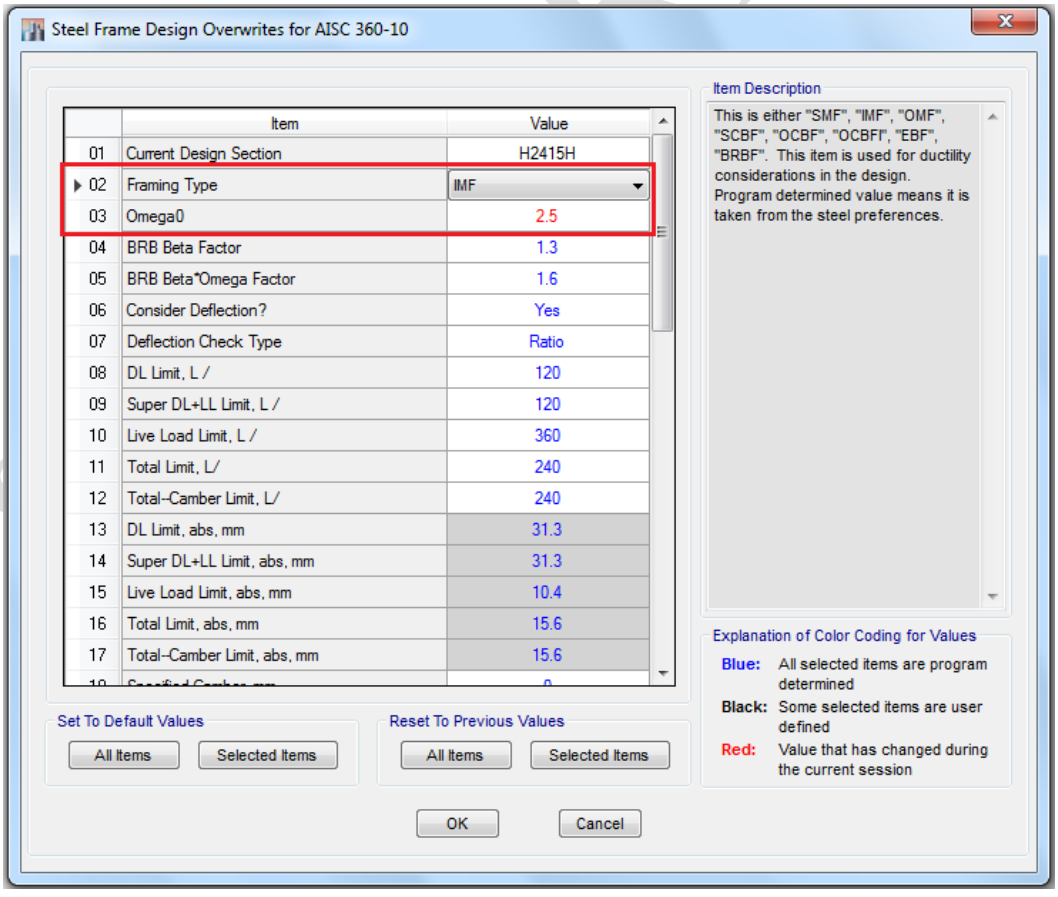
نوع استاندارد طراحی بر روی AISC 360-10 و حالت طراحی بر اساس LRFD باشد. نوع قاب بر روی BRBF قرار داده شده و کنترل گردد که ضریب اضافه مقاومت برابر Ω_0=2.5 باشد. ضریب اهمیت، ضریب نامعینی، ضریب منظور نمودن بار مرده در زلزله قائم، ضریب رفتار و ضریب بزرگنمایی تغییرشکل بر اساس

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

توجه شود که نرم‌افزار ETABS دو پارامتر ضریب اضافه مقاومت فشاری، β، و ضریب اضافه مقاومت فشاری در ضریب سخت‌شدگی کرنشی، βω، را نیز می‌گیرد، ولی هیچ کنترلی با استفاده از آنها انجام نمی‌دهد. پس از مقادیر پیش فرض مناسب برای ایران استفاده کنید، β=1.1 و βω=1.6×1.1=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 Ω0=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 نیرویی 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_{9720}	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

$A\ (mm^2)$	$J\ (mm^4)$	$I_{33}\ (mm^4)$	$I_{22}\ (mm^4)$	$A_{v3}\ (mm^2)$	$A_{v2}\ (mm^2)$
9720	1E+25	1E+25	1E+25	22400	22400

Design Properties

$S_{33}\ (mm^3)$	$S_{22}\ (mm^3)$	$Z_{33}\ (mm^3)$	$Z_{22}\ (mm^3)$	$r_{33}\ (mm)$	$r_{22}\ (mm)$	$C_w\ (mm^6)$
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)	ϕP_{nc} Capacity (kN)	ϕP_{nt} Capacity (kN)
1969.3467	2058.9258	2058.9258

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

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 پروژه-های 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:

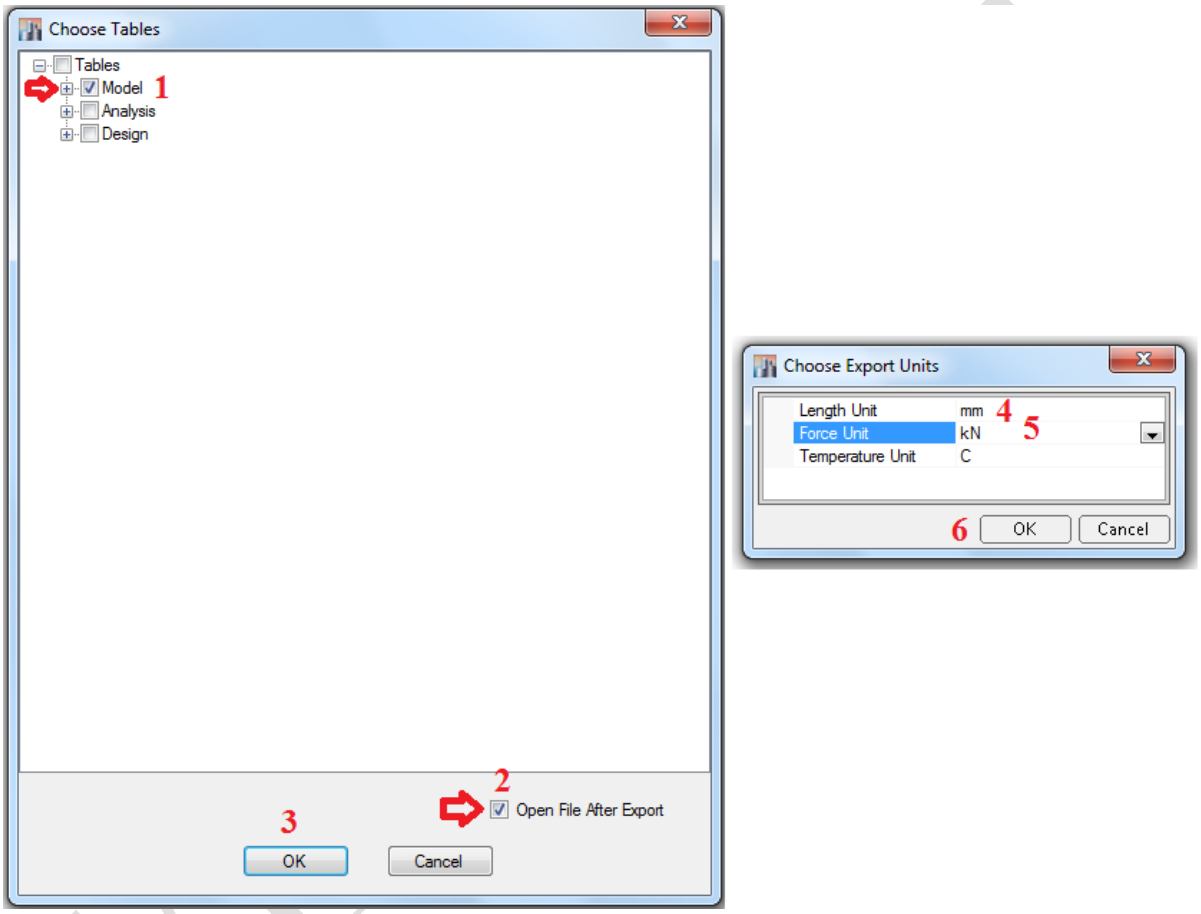
VIRABRACE

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...

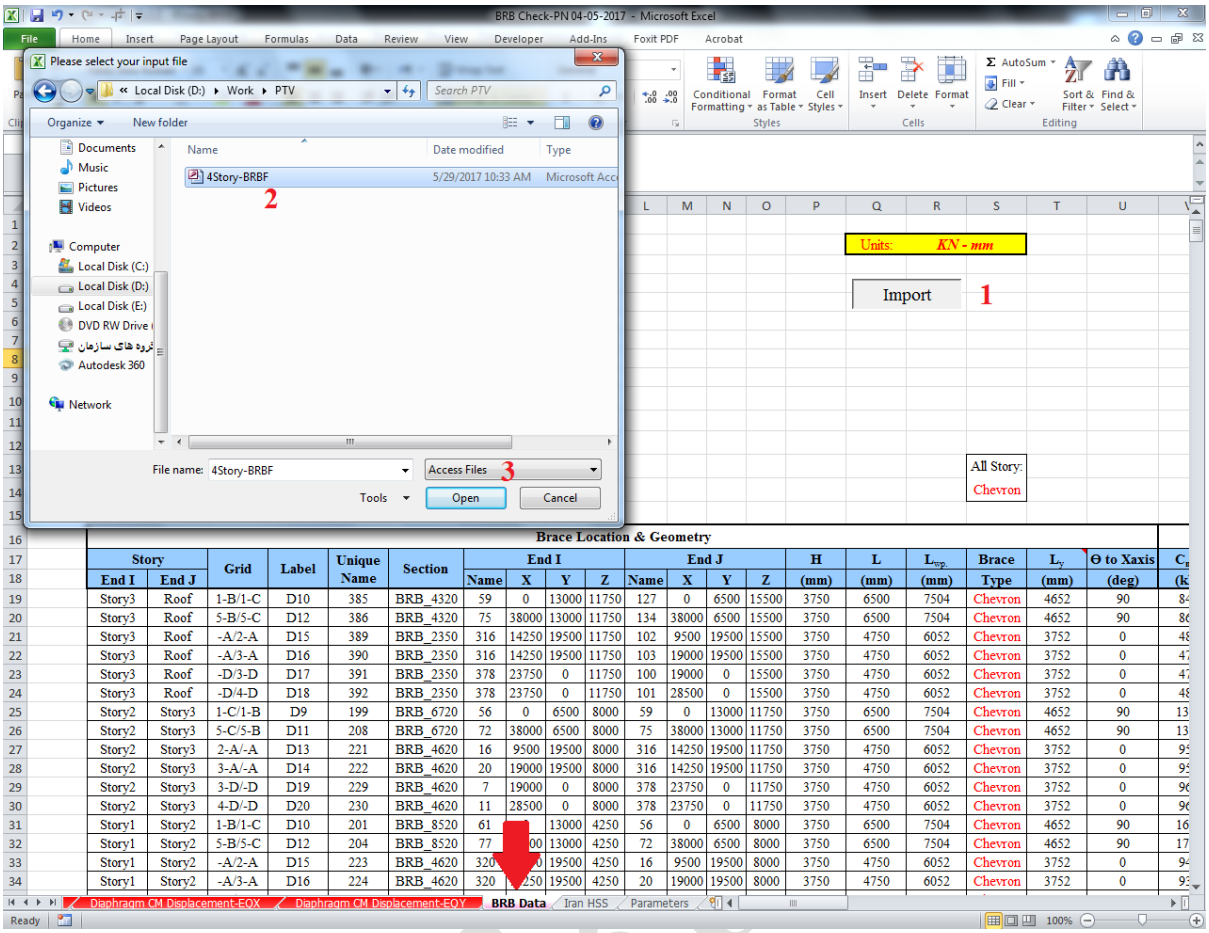
از منوی باز شده گزینه Model و Open File After Export را انتخاب نموده و در پنجره باز شده واحدهای kN و mm را انتخاب کنید:



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.

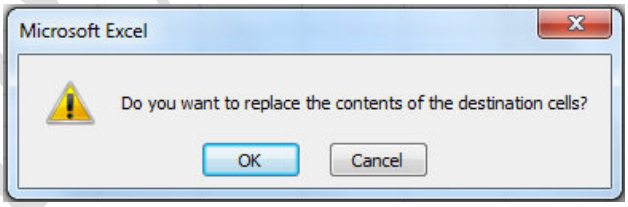
در محیط Excel پس از اطمینان از زدن دکمه Enable Content وارد صفحه BRB Data شوید. در این صفحه بر روی دکمه Import در بالای صفحه کلیک کنید و در پنجره باز شده، فایل Access ساخته شده را انتخاب نموده و بر روی دکمه Open کلیک نمایید:



Story		Grid	Label	Unique Name	Section	End I				End J				H	L	L_{wp}	Brace	L_y	Θ to Xaxis	C_r
End I	End J					Name	X	Y	Z	Name	X	Y	Z	(mm)	(mm)	(mm)	Type	(mm)	(deg)	(k
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	86
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/-A	D13	221	BRB_4620	16	9500	19500	8000	316	14250	19500	11750	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	95
Story2	Story3	3-A/-A	D14	222	BRB_4620	20	19000	19500	8000	316	14250	19500	11750	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	95
Story2	Story3	3-D/-D	D19	229	BRB_4620	7	19000	0	8000	378	23750	0	11750	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	96
Story2	Story3	4-D/-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		13000	4250	56	0	6500	8000	3750	6500	7504	Chevron	4652	90	16
Story1	Story2	5-B/5-C	D12	204	BRB_8520	77		13000	4250	72	38000	6500	8000	3750	6500	7504	Chevron	4652	90	17
Story1	Story2	-A/2-A	D15	223	BRB_4620	320		19500	4250	16	9500	19500	8000	3750	4750	6052	Chevron	3752	0	94
Story1	Story2	-A/3-A	D16	224	BRB_4620	320		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.

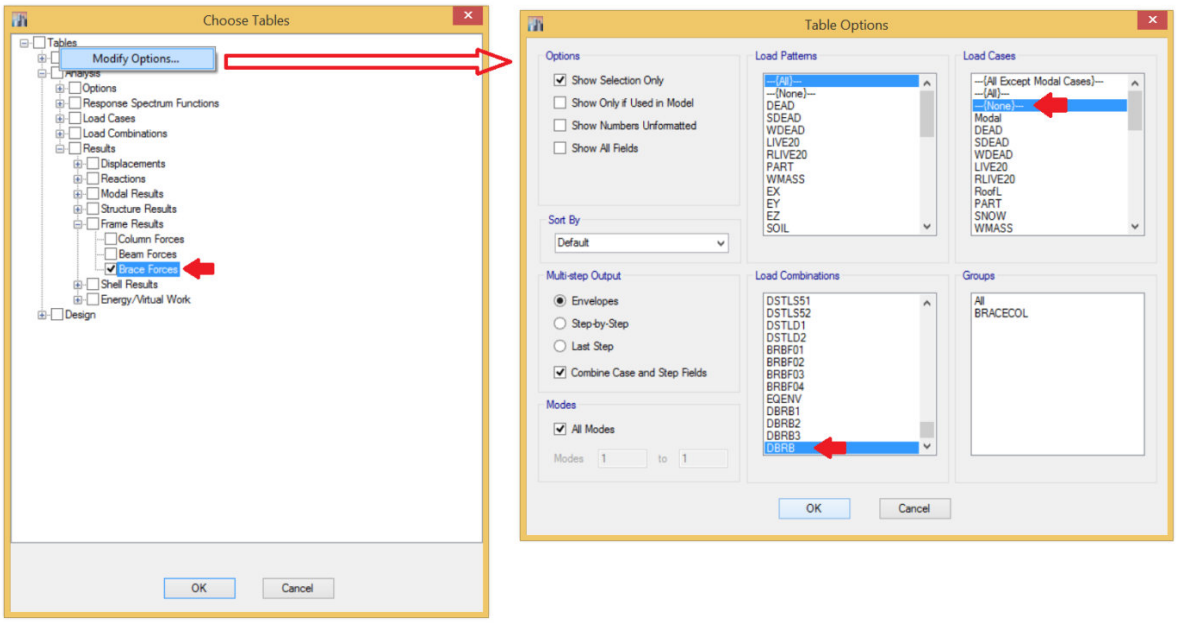
۲- یک ترکیب بار جدید باید تعریف نموده که در بردارنده پوش (Envelope) ترکیبات بارگذاری بحرانی طراحی باشد (این ترکیب بار در اینجا تحت عنوان DBRB تعریف شده است).

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

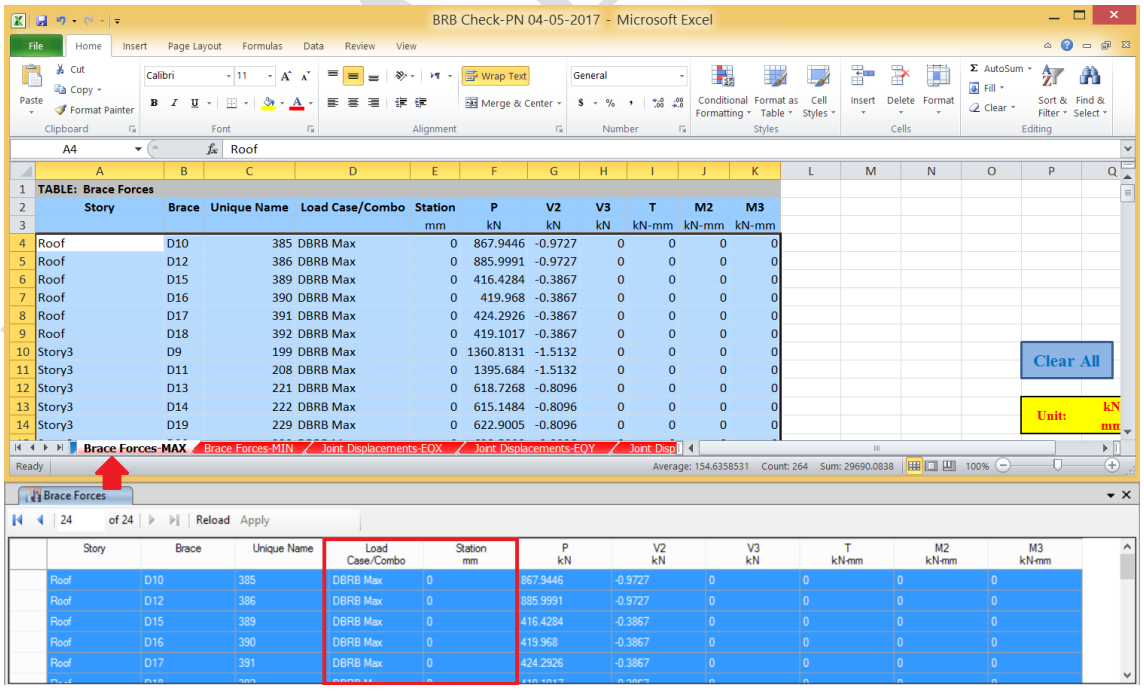
جهت انتخاب ترکیب بار مورد نظر در صفحه Choose Tables بر روی گزینه Tables کلیک راست کنید و از گزینه Modify Options… تنها ترکیب بار انتخاب شده را از زیر بخش Load Combinations انتخاب کنید.

VIRABRACE

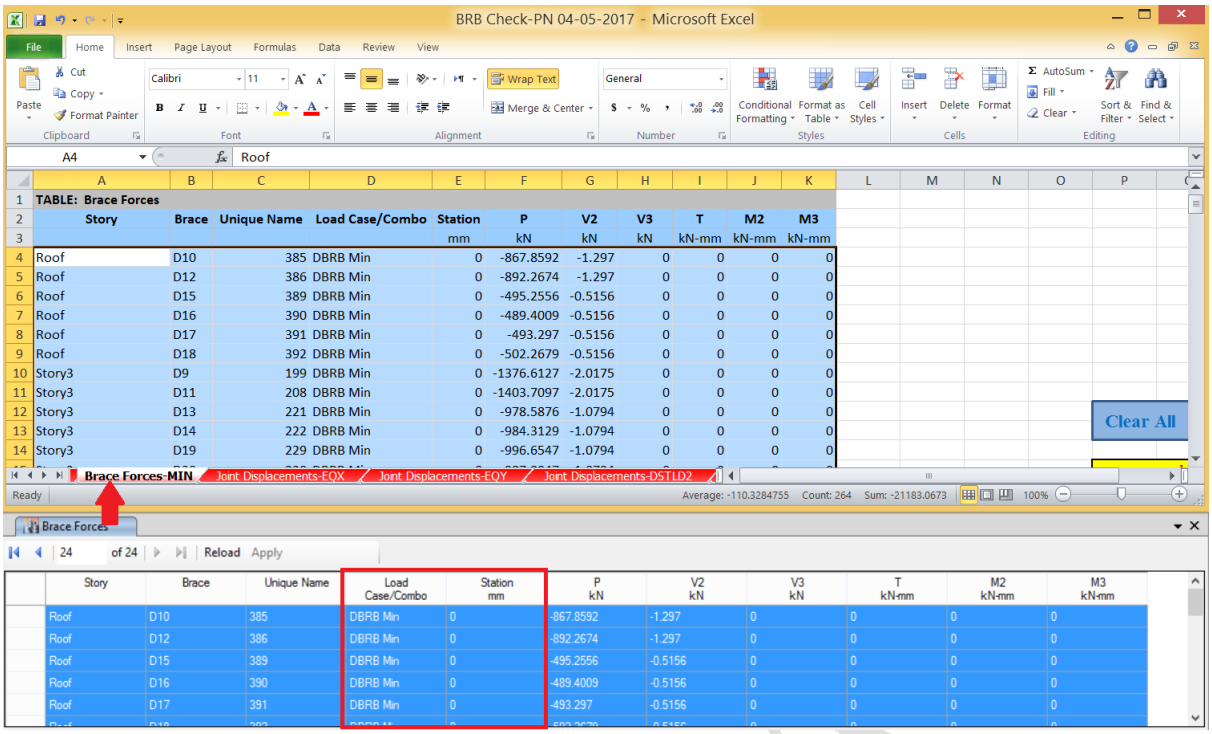


شکل ۴-۱۳: نحوه ایجاد جدول نیروهای مهاربندها از نرم‌افزار ETABS

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.



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



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

۴-۹-۳- وارد نمودن تغییرشکل های سازه در نرم افزار صفحه گسترده

علاوه بر کنترل تغییرمکان جانبی سازه، جهت کنترل کرنش پلاستیک وارد بر هسته فولادی و در نتیجه تعیین نیروهای نامتعادل طراحی قاب‌های اطراف مهاربندهای کمانش تاب نیاز به تعیین تغییرمکان جانبی و اعمال آن در نرم‌افزار صفحه گسترده است. در این راستا باید گام‌های زیر به ترتیب انجام شود:

۱- با توجه به اینکه تغییرمکان جانبی زمانی در بدترین حالت قرار دارد که سختی مهاربندها در کمترین حالت خود باشد، لذا ضریب اصلاح سختی محوری مهاربندها در زمان تعیین تغییرمکان 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 ۲-۱-۵-۱-۲-۱۰ ویرایش ۹۲ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان)، کاربرد سختی کاهش یافته تنها در تعیین مقاومت اعضاء بوده و جهت تعیین تغییرمکان جانبی و تغییرشکل‌های اعضاء سازه‌ای 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

VIRABRACE

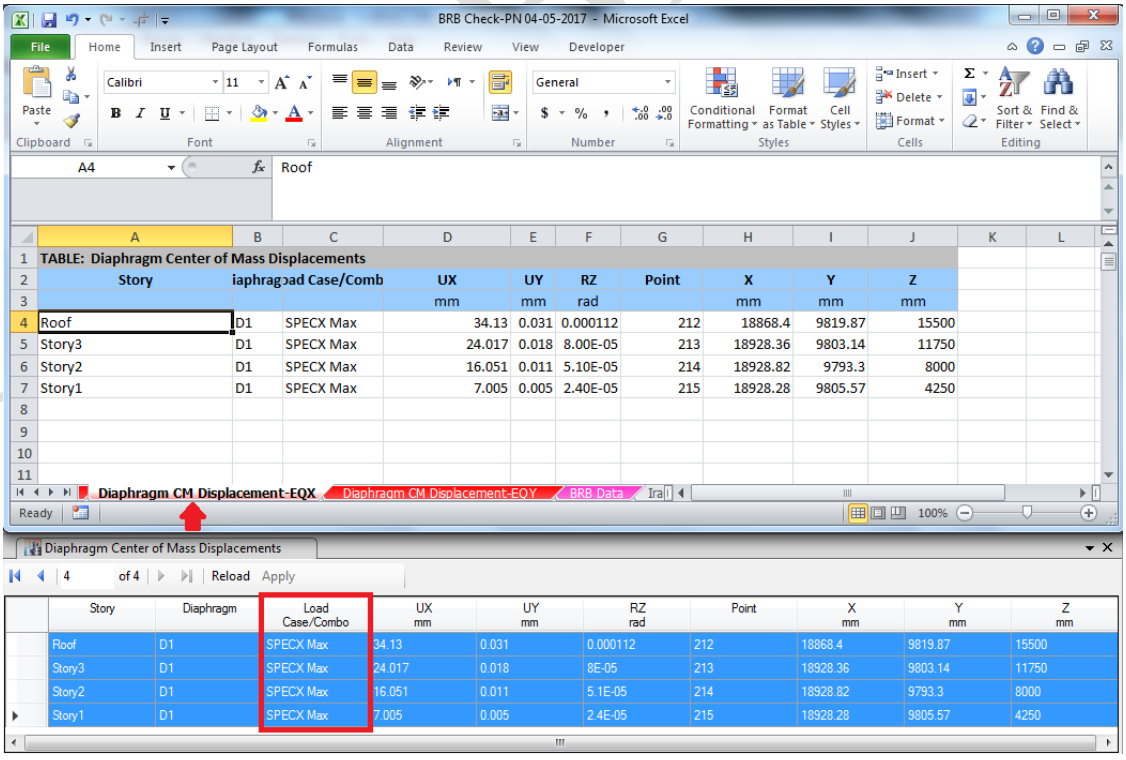
فولادی کلیک نمایید تا ضریب اصلاح سختی اعضاء به ۱/۰ تبدیل شود، سپس سازه را مجدداً تحلیل نمایید تا سختی‌های اصلاح شده در تحلیل‌ها وارد شود.

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

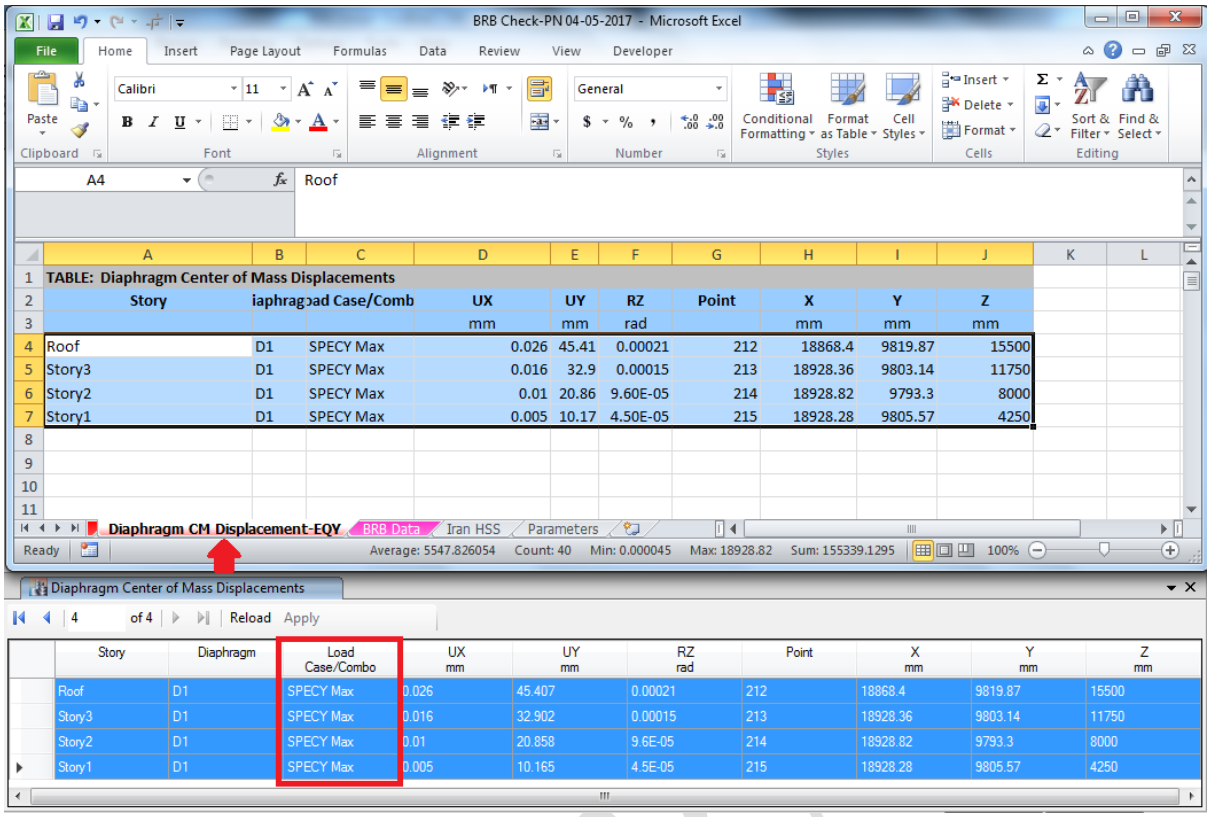
12	Analysis Method	Direct Analysis
13	Second Order Method	General 2nd Order
14	Stiffness Reduction Method	No Modification

پس از این تحلیل در صورت انجام تحلیل‌های طیفی باید اقدام به همپایه‌سازی مقدرا 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-ث، ۳-۳-۳-۳، ۳-۵-۴ و ۳-۵-۵، 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 (جهات 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.



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

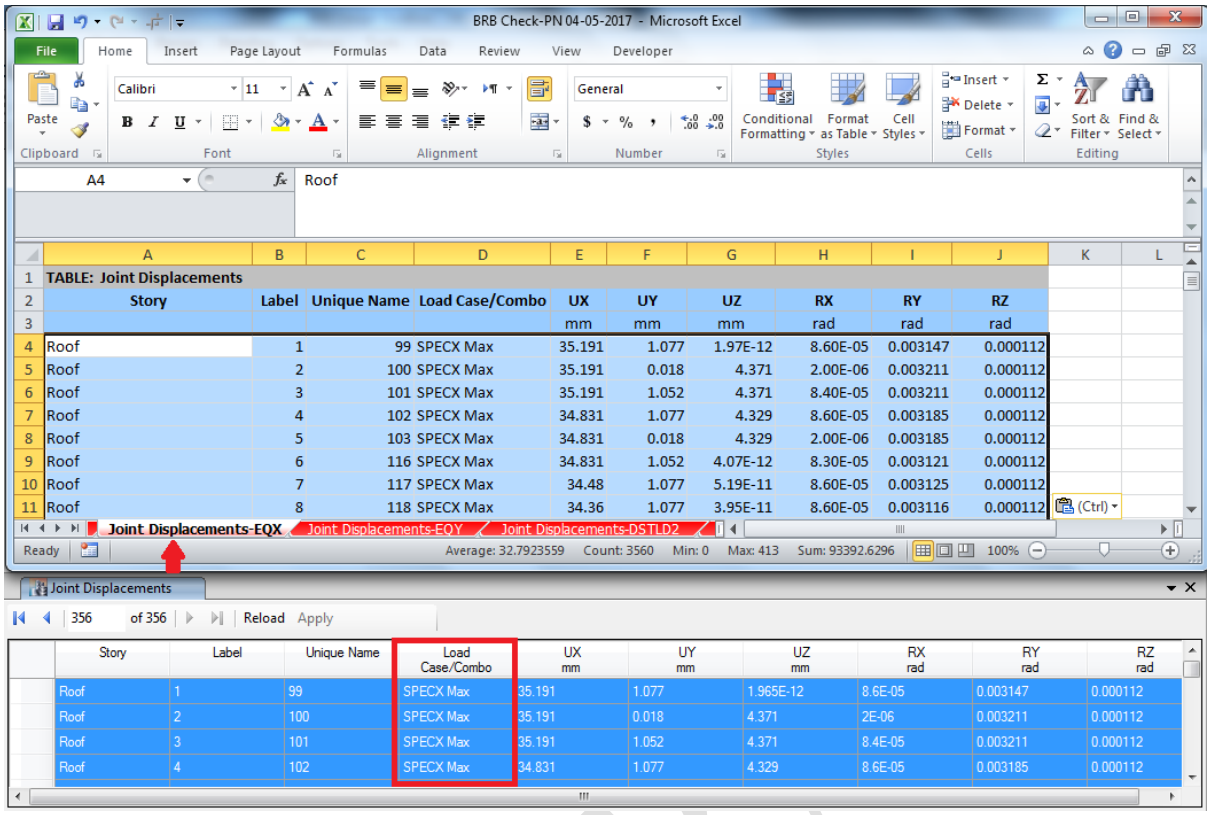


Story	Diaphragm	Load Case/Combo	UX mm	UY mm	RZ rad	Point	X mm	Y mm	Z mm
Roof	D1	SPECY Max	0.026	45.407	0.00021	212	18868.4	9819.87	15500
Story3	D1	SPECY Max	0.016	32.902	0.00015	213	18928.36	9803.14	11750
Story2	D1	SPECY Max	0.01	20.858	9.6E-05	214	18928.82	9793.3	8000
Story1	D1	SPECY Max	0.005	10.165	4.5E-05	215	18928.28	9805.57	4250

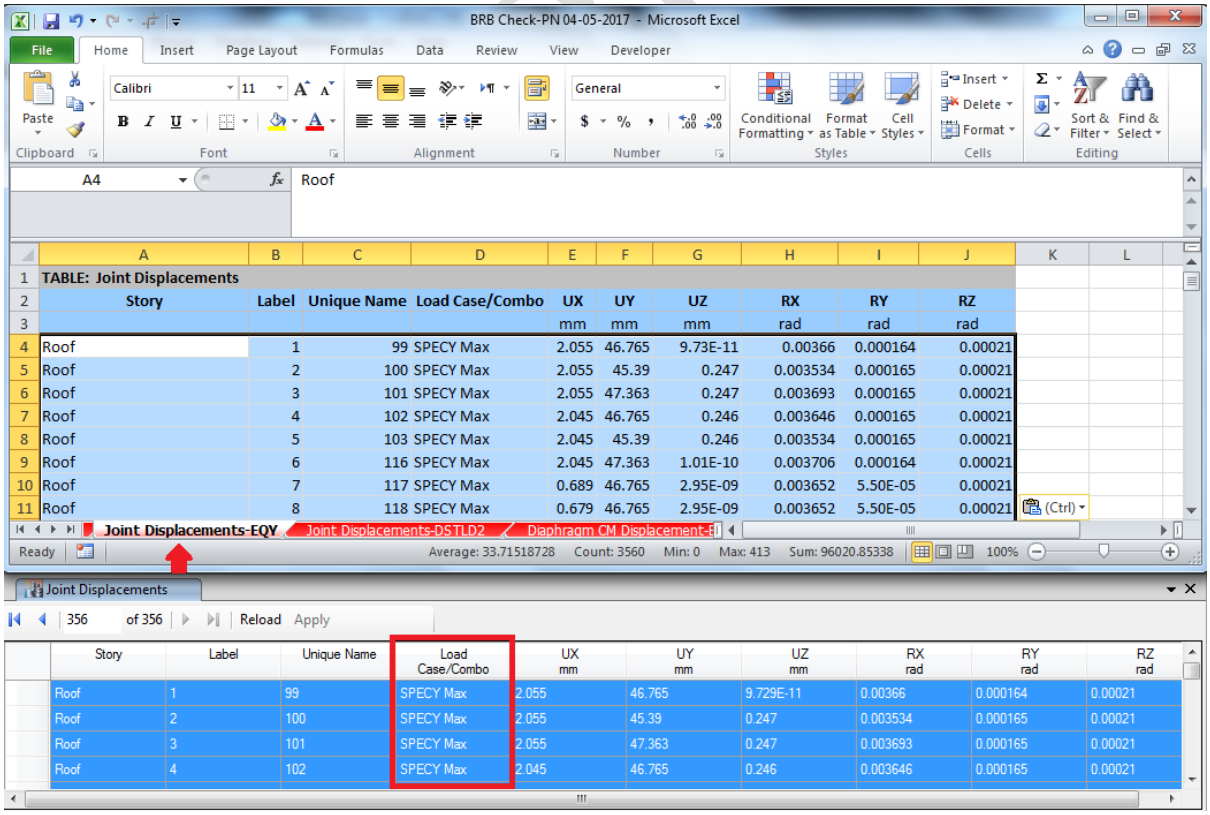
شکل ۴-۱۷: وارد نمودن تغییرمکان جانبی مرکز جرم طبقات در جهت Y از نرم‌افزار ETABS به صفحه مربوطه

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 (جهات 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.

VIRABRACE

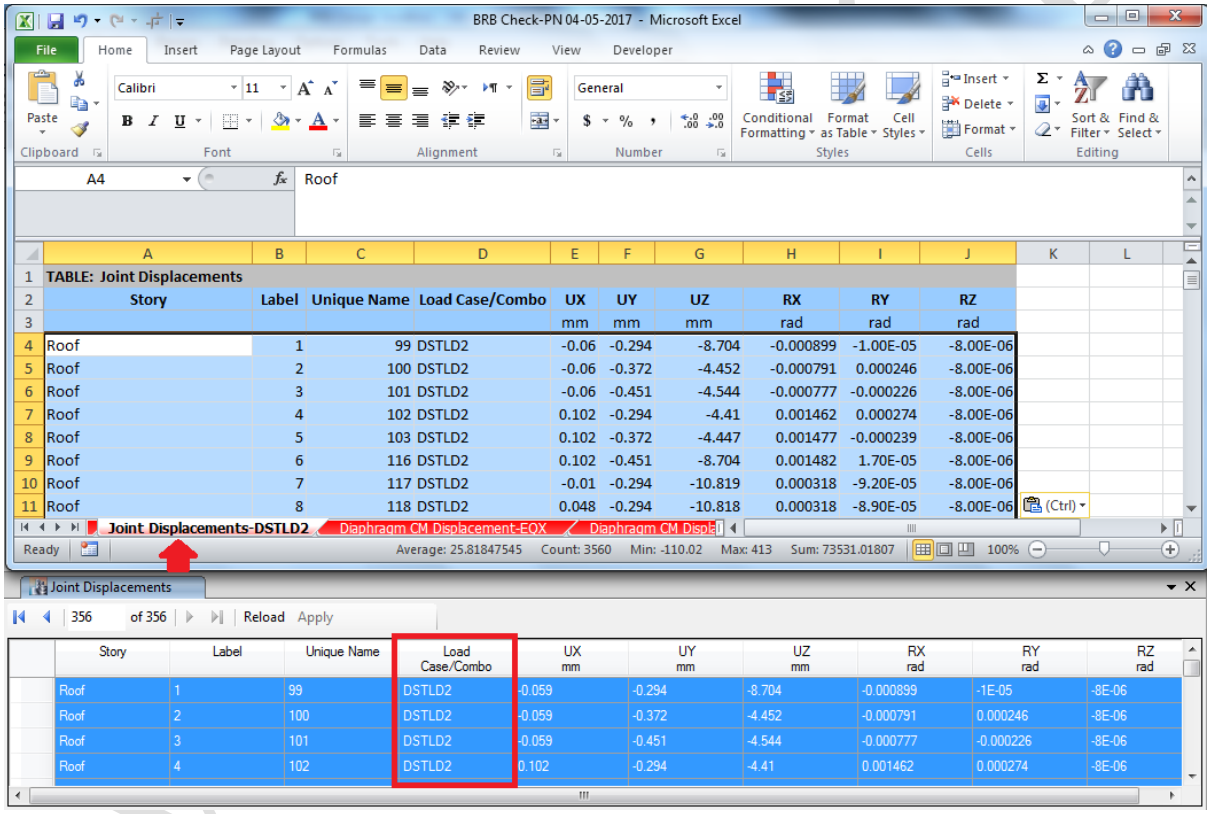


شکل ۴-۱۸: وارد نمودن تغییرشکل گره‌های سازه در جهت X از نرم‌افزار ETABS به صفحه مربوطه



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

۵- بر اساس ضوابط طراحی، در تعیین کرنش پلاستیک هسته مهاربندها، علاوه بر تغییرمکان‌های ناشی از بارهای جانبی باید تغییرشکل‌های ناشی از بارهای ثقلی 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 تغییرشکل کلیه گره‌های سازه را تحت اثر ترکیب بار ثقلی 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 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.

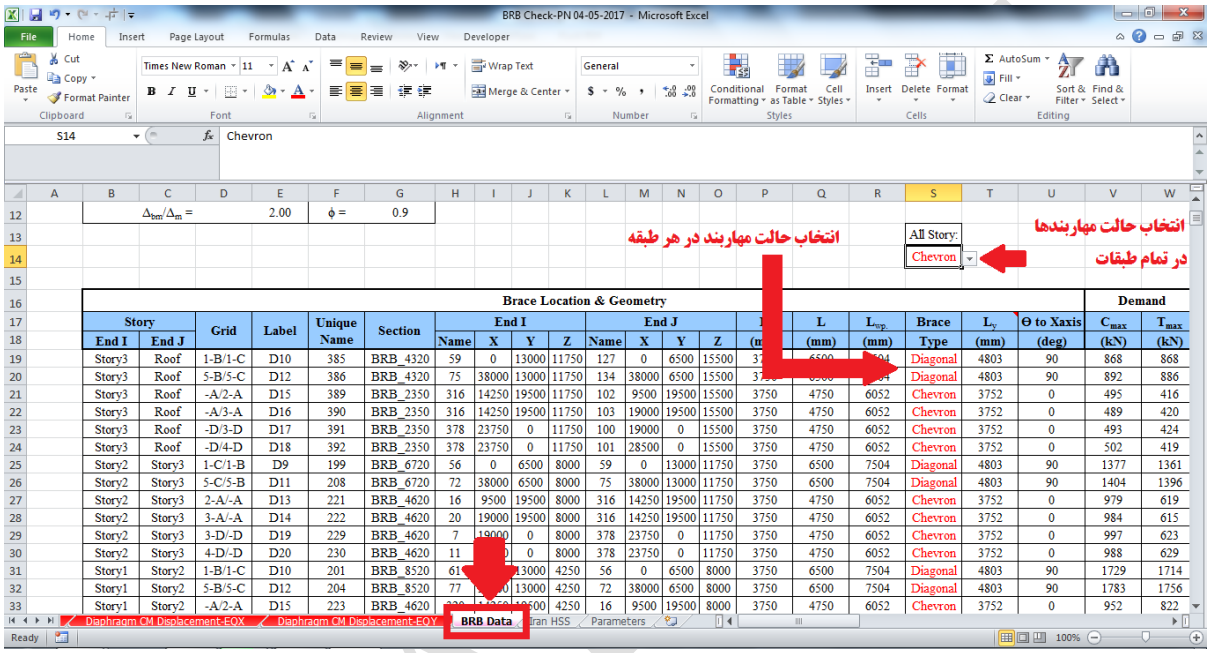


شکل ۴-۲۰: وارد نمودن تغییرشکل گره‌های سازه تحت ترکیب بار ثقلی از نرم‌افزار ETABS به صفحه مربوطه

۴-۹-۴- کنترل نیرویی و تغییرشکلی مهاربندها در نرم افزار صفحه گسترده

پس وارد نمودن مشخصات سازه و مدل رایانه‌ای، نیروها و تغییرشکل‌های وارد بر مهاربندها، می‌توان با استفاده از امکانات صفحه "BRB Data" اقدام به کنترل نیازهای نیرویی و تغییرشکلی وارد مهاربند نمایید. توجه شود این برنامه مدل‌هایی که دارای ۱۰۰۰ عدد مهاربند کمانش تاب و کمتر باشند را پوشش می‌دهد. در صورتیکه مدلی با تعداد مهابند 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 شورن (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.

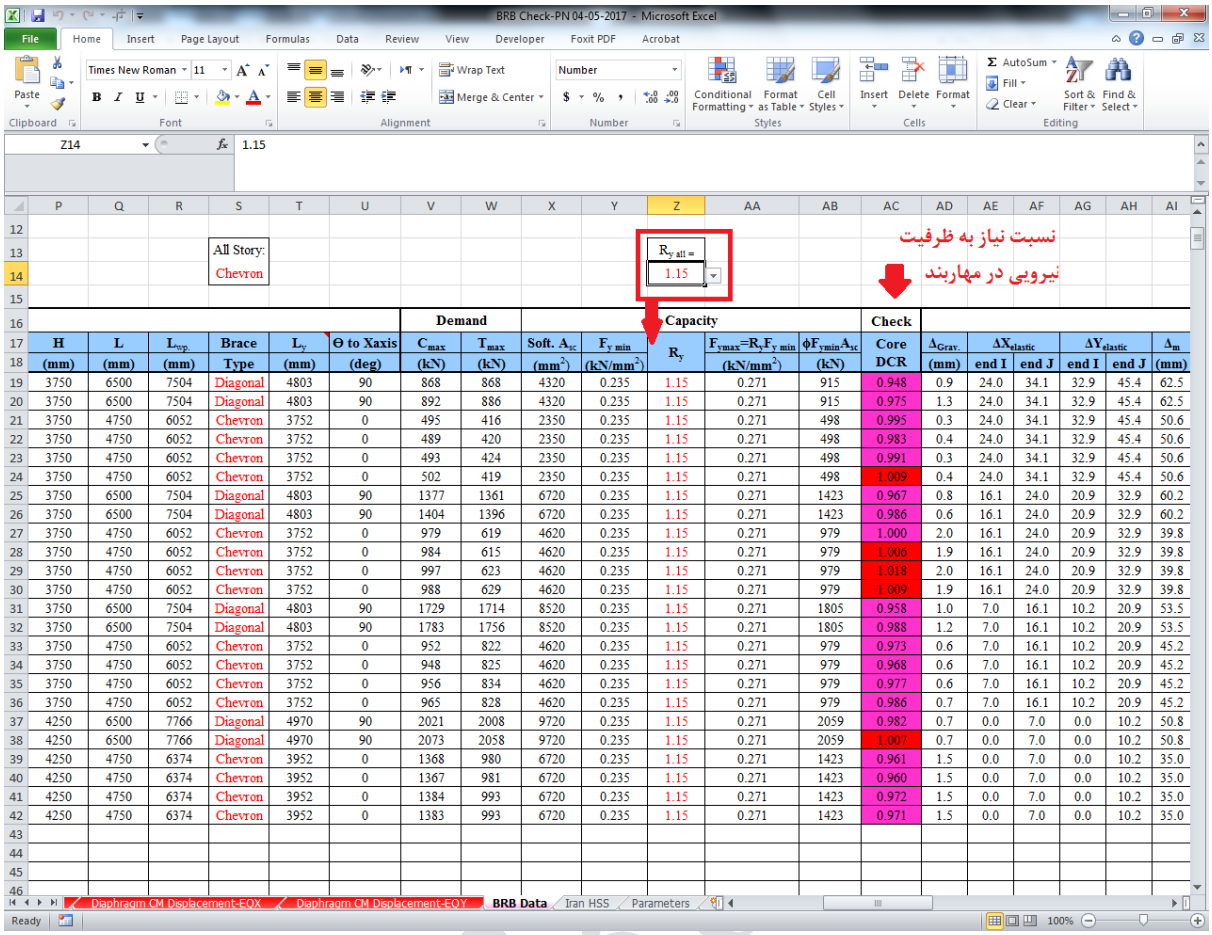


شکل ۴-۲۱: انتخاب حالت قرار گیری مهاربندها در صفحه مربوطه

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.



						Demand				Capacity			Check						
H	L	L_{wp}	Brace	L_y	Θ to Xaxis	C_{max}	T_{max}	Soft. A_{sc}	$F_{y\ min}$	R_y	$F_{ymax}=R_yF_{y\ min}$	$\phi F_{ymin}A_{sc}$	Core	$\Delta_{Grav.}$	$\Delta X_{elastic}$		$\Delta Y_{elastic}$		Δ_m
(mm)	(mm)	(mm)	Type	(mm)	(deg)	(kN)	(kN)	(mm^2)	(kN/mm^2)		(kN/mm^2)	(kN)	DCR	(mm)	end I	end J	end I	end J	(mm)
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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
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

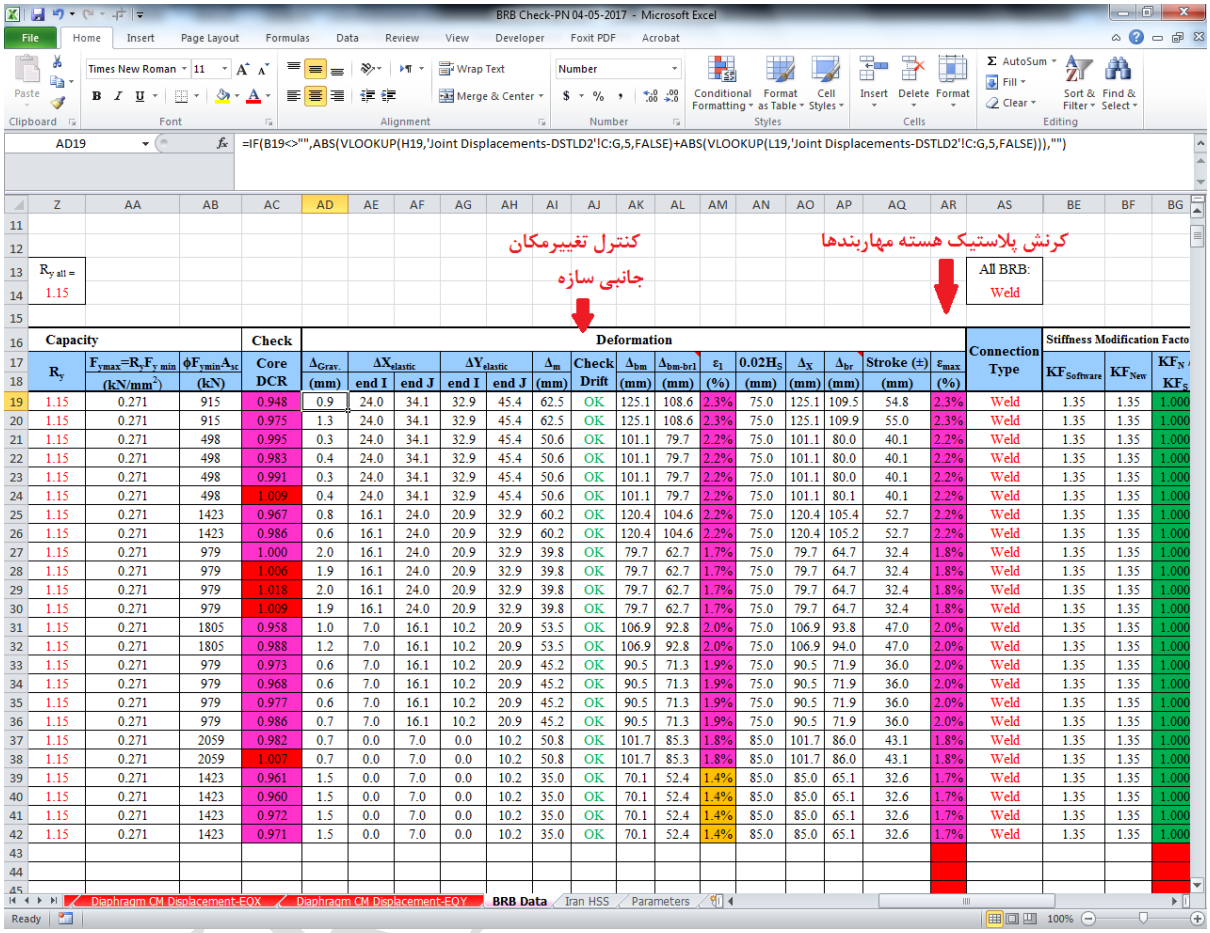
شکل ۴-۲۲: کنترل نیاز نیرویی وارد بر هسته مهاربندهای کمانش تاب

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 $\varepsilon_{b\ max}=2.5\%$ 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 $\varepsilon_{b\ max}=3.5\%$ 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.



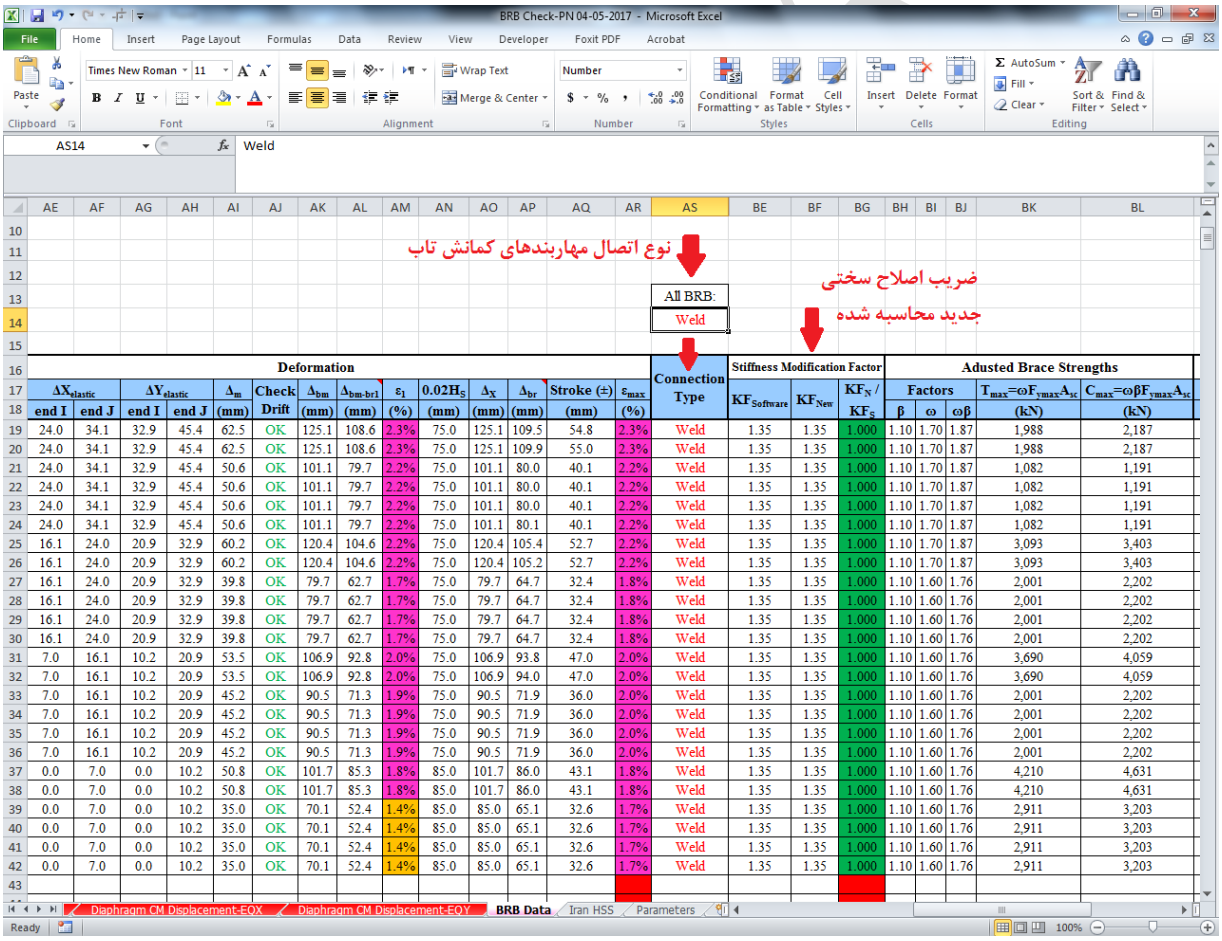
شکل ۴-۲۳: کنترل نیاز تغییرشکلی وارد بر هسته مهاربندهای کمانش تاب

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_{New}) و با ضریب اصلاح سختی تعریف شده در نرم‌افزار ($KF_{Software}$) 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 گِرد شده و در ستون KF_{New} نشان داده می‌شود. لذا ممکن است که در صورت استفاده از مقطع مهاربند کمانش تاب خود نرم‌افزار ETABS ضریب محاسبه شده توسط نرم‌افزار با ضریب محاسبه شده توسط برنامه صفحه 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.

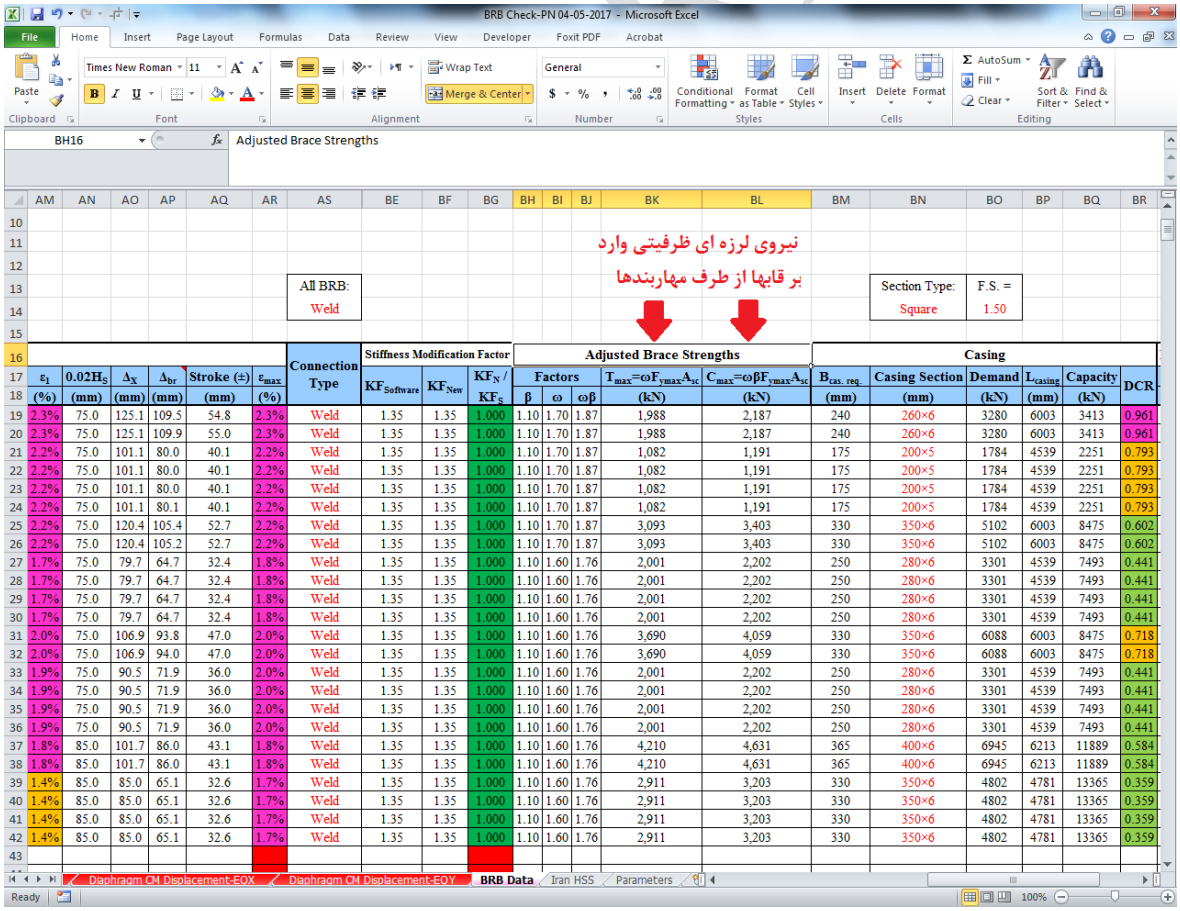


شکل ۴-۲۴: ضریب اصلاح سختی محوری مهاربندهای کمانش تاب

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 ستون‌ها و تیرهای واقع در قاب‌های مهاربندی بر اساس اثر نیروی لرزه‌ای ظرفیتی نمود. اثر نیروی لرزه‌ای افقی ظرفیتی، E_{cl}، باید برابر نیروهای ایجاد شده در اعضاء 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 تفضیل ارائه شده است. این نیروها باید برای تغییرشکل قابل انتظار در مهاربندها، Δ_{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، ω، و ضریب اضافه مقاومت فشاری، β، بر اساس آزمایشات انجام شده بر روی تولیدات این شرکت، و شرکت‌های معتبر امریکایی بوده و برای دیگر تولیدکنندگان قابل استفاده نمی‌باشد.


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

نیروی لرزه ای ظرفیتی وارد بر قابها از طرف مهاربندها

All BRB: Weld

Section Type: Square | F.S. = 1.50

								Stiffness Modification Factor			Adjusted Brace Strengths								Casing											
ε_1	$0.02H_S$	Δ_X	Δ_{br}	Stroke (±)	ε_{max}	Connection Type	$KF_{Software}$	KF_{New}	KF_N / KF_S	Factors			$T_{max}=\omega F_{ymax}A_{sc}$	$C_{max}=\omega\beta F_{ymax}A_{sc}$				$B_{cas.\ req.}$	Casing Section	Demand	I_{casing}	Capacity	DCR							
(%)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(%)					β	ω	ωβ	(kN)	(kN)				(mm)		(kN)	(mm)	(kN)							
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				240	260×6	3280	6003	3413	0.961						
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				240	260×6	3280	6003	3413	0.961						
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				175	200×5	1784	4539	2251	0.793						
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				175	200×5	1784	4539	2251	0.793						
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				175	200×5	1784	4539	2251	0.793						
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				175	200×5	1784	4539	2251	0.793						
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				330	350×6	5102	6003	8475	0.602						
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				330	350×6	5102	6003	8475	0.602						
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				250	280×6	3301	4539	7493	0.441						
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				250	280×6	3301	4539	7493	0.441						
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				250	280×6	3301	4539	7493	0.441						
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				250	280×6	3301	4539	7493	0.441						
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				330	350×6	6088	6003	8475	0.718						
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				330	350×6	6088	6003	8475	0.718						
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				250	280×6	3301	4539	7493	0.441						
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				250	280×6	3301	4539	7493	0.441						
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				250	280×6	3301	4539	7493	0.441						
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				250	280×6	3301	4539	7493	0.441						
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				365	400×6	6945	6213	11889	0.584						
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				365	400×6	6945	6213	11889	0.584						
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				330	350×6	4802	4781	13365	0.359						
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				330	350×6	4802	4781	13365	0.359						
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				330	350×6	4802	4781	13365	0.359						

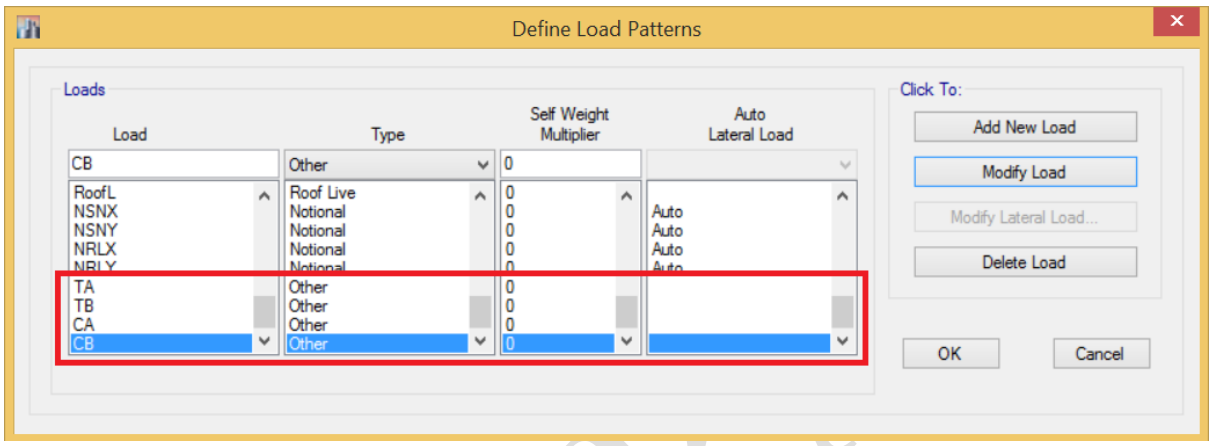
Diaphragm CM Displacement-EQX | Diaphragm CM Displacement-EQY | BRB Data | Iran HSS | Parameters

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

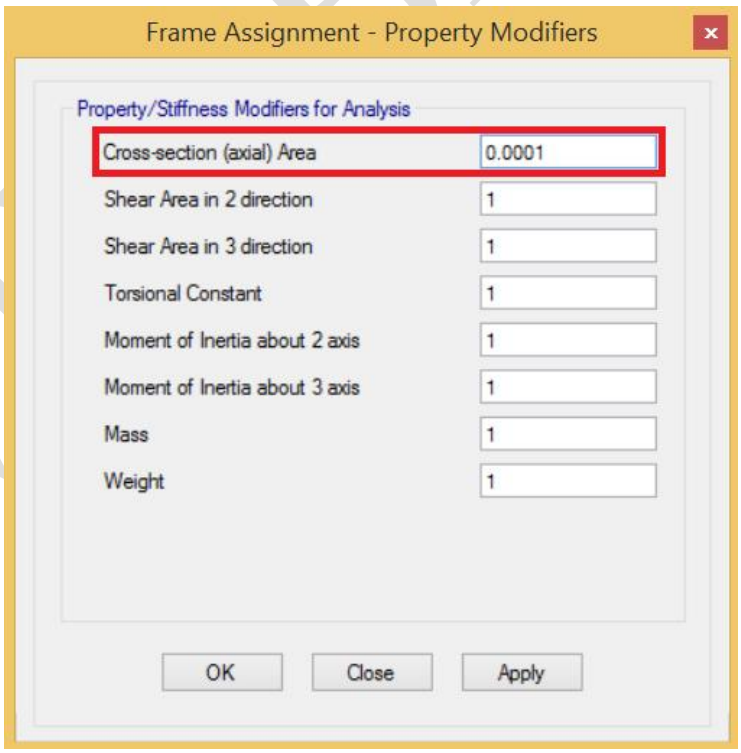
۴-۱۰-۱- کنترل تیرها و ستون ها

جهت کنترل تیرها و ستون‌های قاب‌های مهاربندی شده، پس از تعیین نیروهای نامتعادل، باید از روی مدل رایانه‌ای 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 می‌باشد.



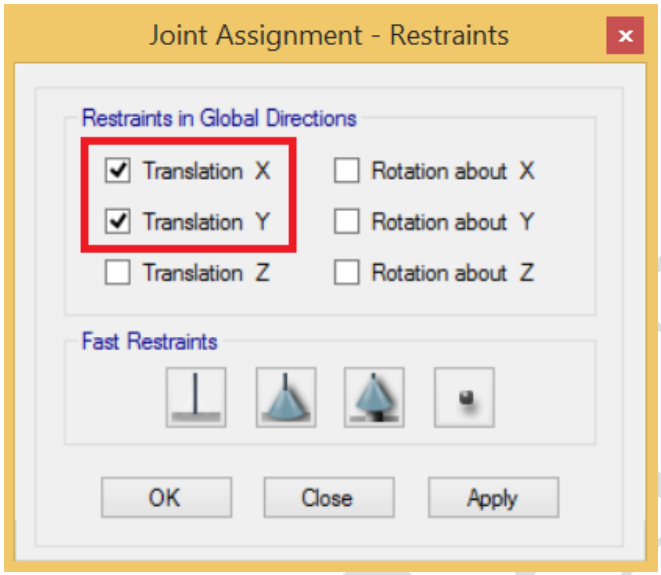
۲- کلیه مهاربندهای کمانش تاب انتخاب شده و ضریب اصلاح سختی محوری آنها برابر 0.0001 منظور می‌گردد:



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

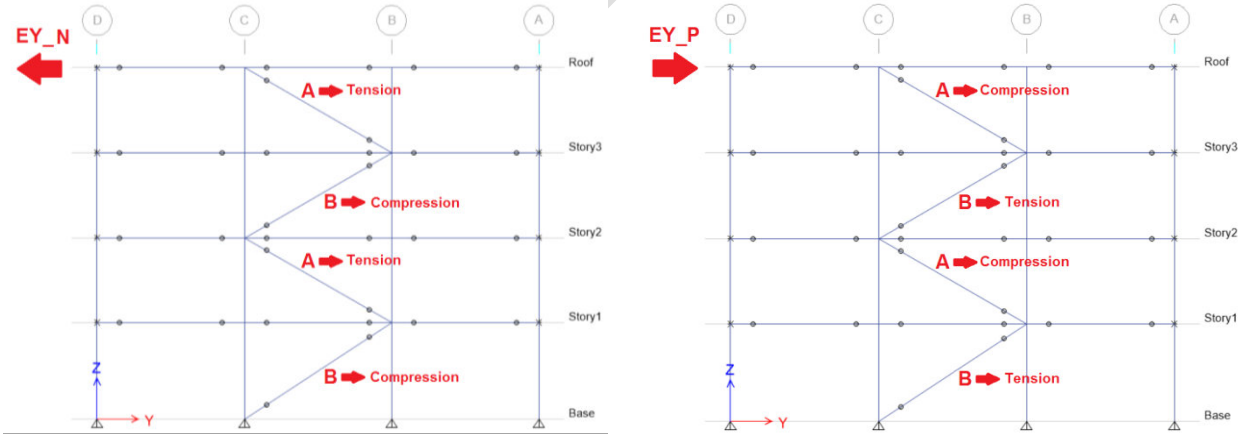
های قاب‌های مهاربندی شده) را با استفاده از دستور زیر در صرفاً جهات جانبی (و نه ثقلی و دورانی) مقید نمایید:

Assign>Joint>Restrains …

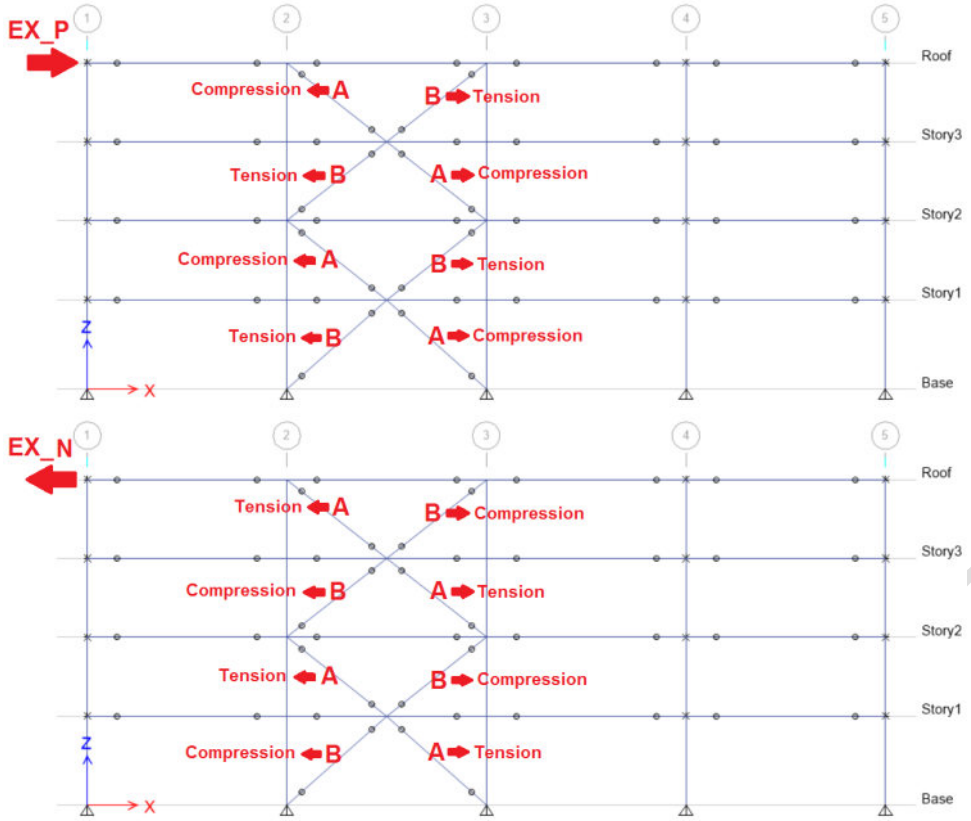


۴- کلیه سقف ها از حالت دیافراگم صلب خارج نمایید تا در تیرها نیز نیروی محوری ایجاد شود.

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، هریک 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



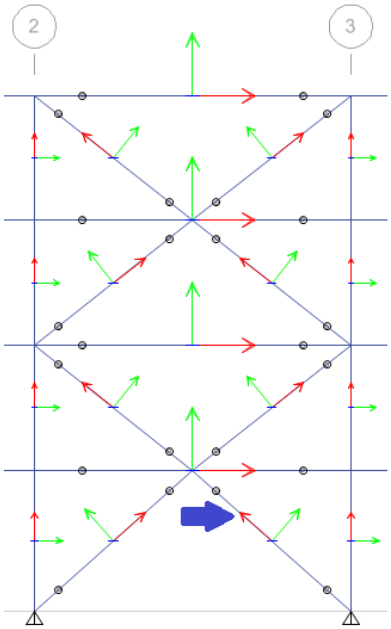
شکل ۴-۲۷: نحوه تقسیم‌بندی مهاربندهای کمانش تاب به گروه‌های کششی و فشاری در چیدمان ۷ و ۸

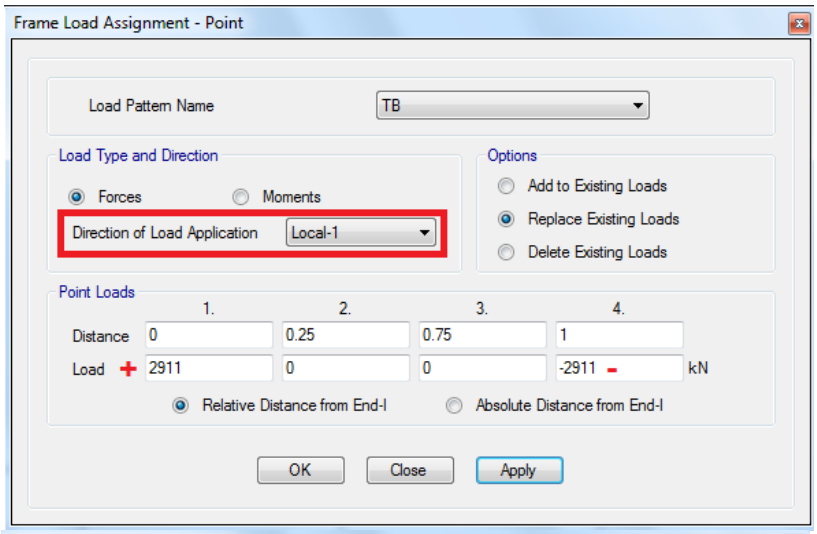
۶- به کلیه مهاربندهای گروه A، نیروهایی برابر با T_{max} و C_{max} تحت حالت‌های بار TA و CA و به کلیه مهاربندهای گروه B، نیروهایی برابر با T_{max} و C_{max} تحت حالت‌های بار TB و CB بر اساس محاسبات مربوطه که در ستون‌های مورد نظر از برنامه صفحه گسترده محاسبه شده، اعمال کنید.

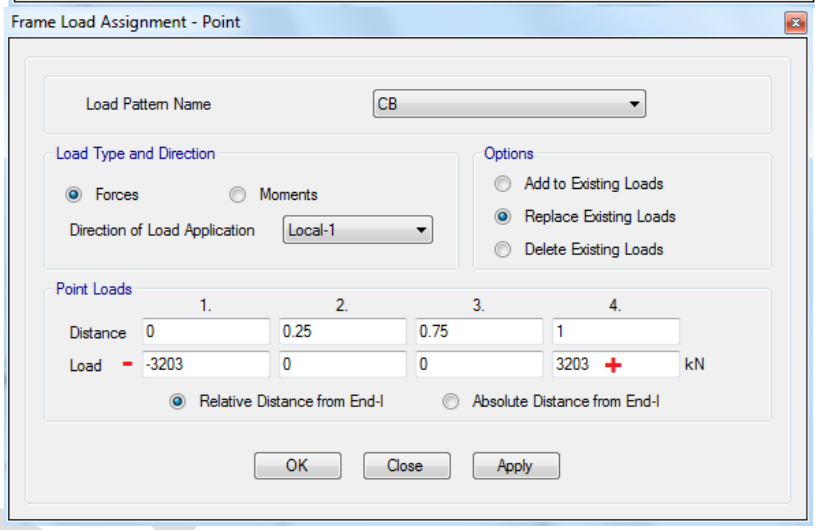
این بارهای توسط دستور زیر و در راستای محور طولی مهاربندها (Local-1) در دو سمت انتهایی آن اعمال می‌گردد. همچنین توجه شود که علامت نیروهای کششی و فشاری در دو انتها متضاد یکدیگر است.

Assign>Frame Loads>Point…

VIRABRACE



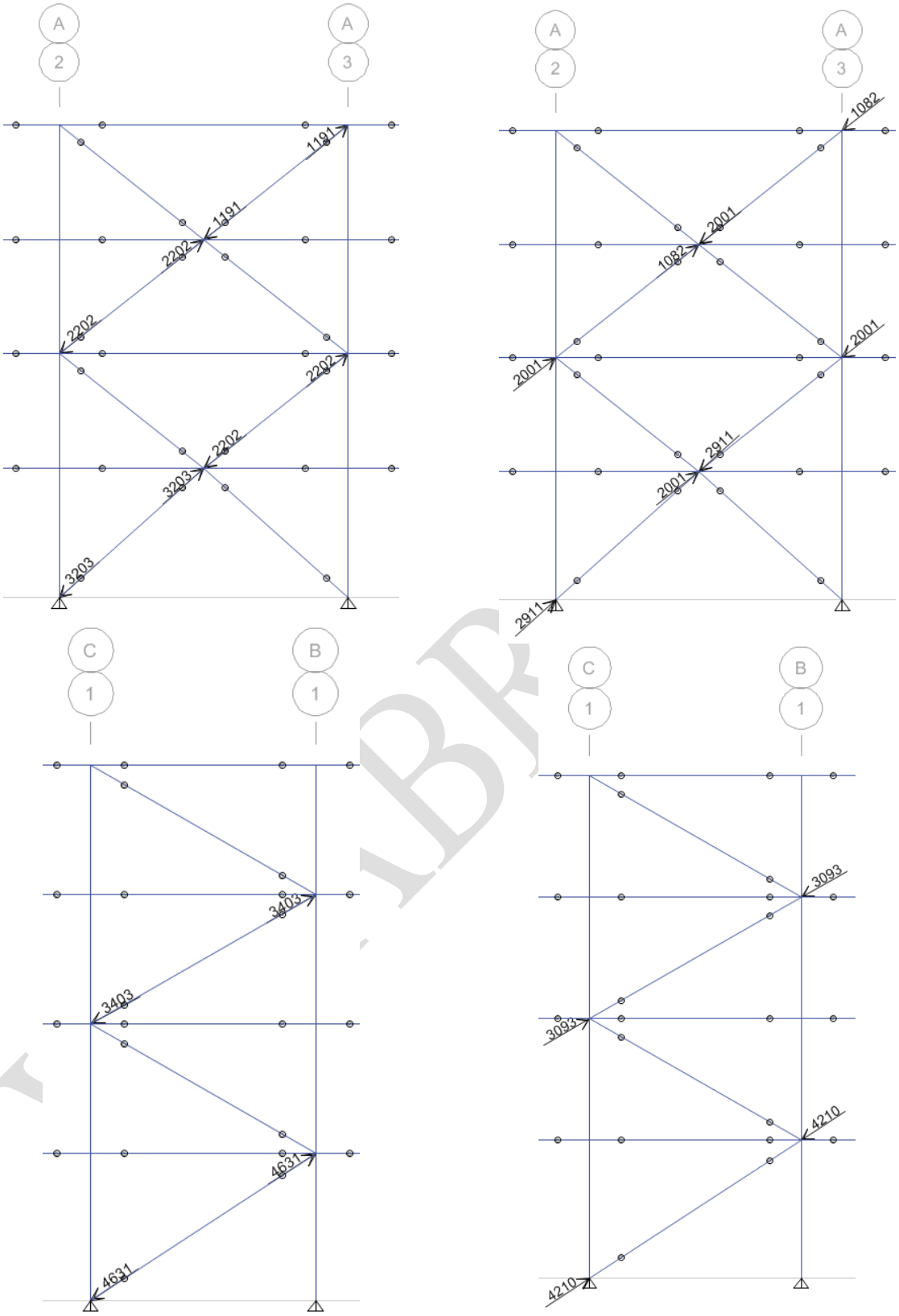




شکل ۴-۲۸: نحوه اعمال بارهای کششی و فشاری ظرفیت مهاربندها (به جهت محور ۱ مهاربند توجه شود)

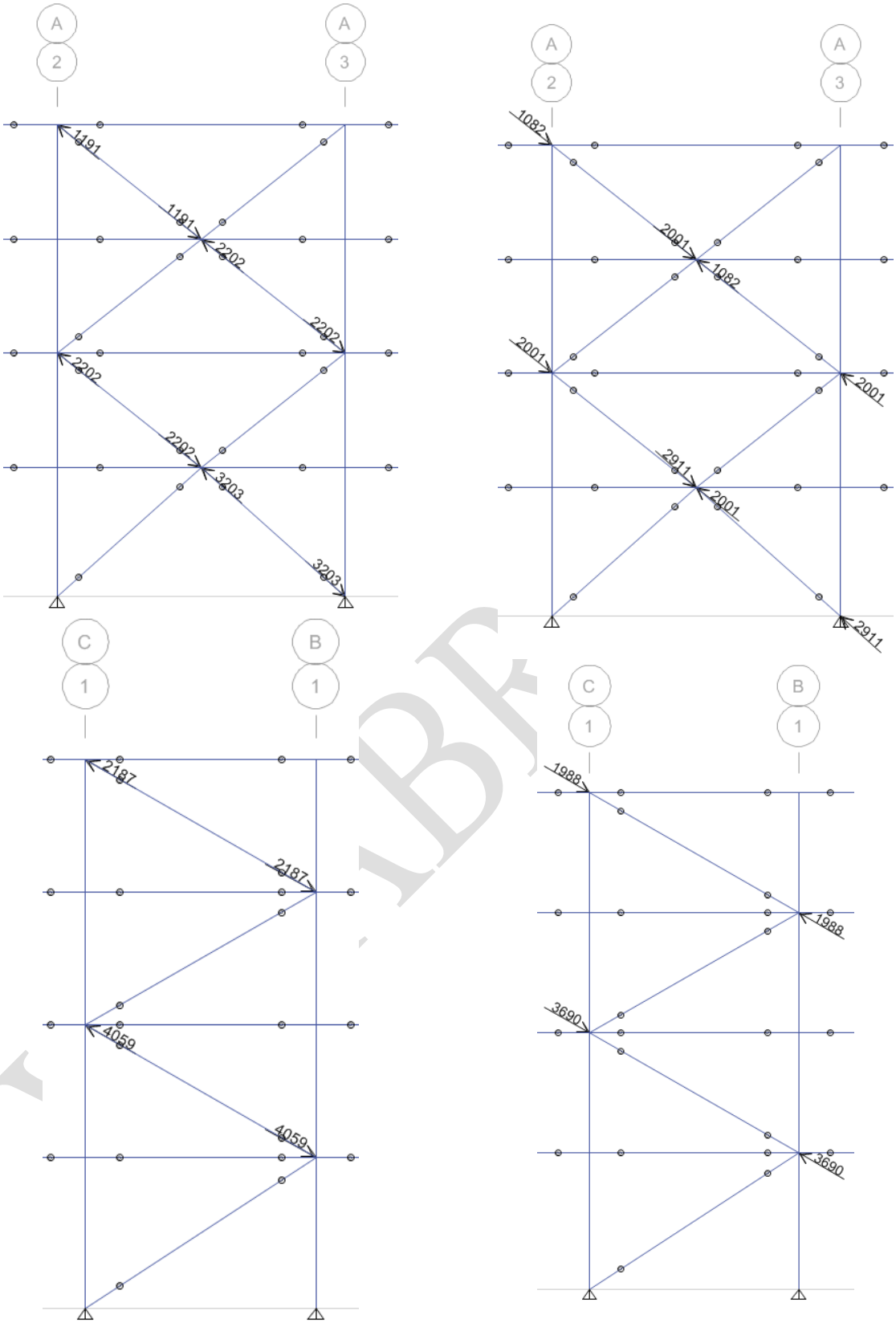
بر این اساس نیروهای اعمالی به قاب‌های مهاربندی شده را در شکل زیر مشاهده می‌کنید:

VIRA



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):

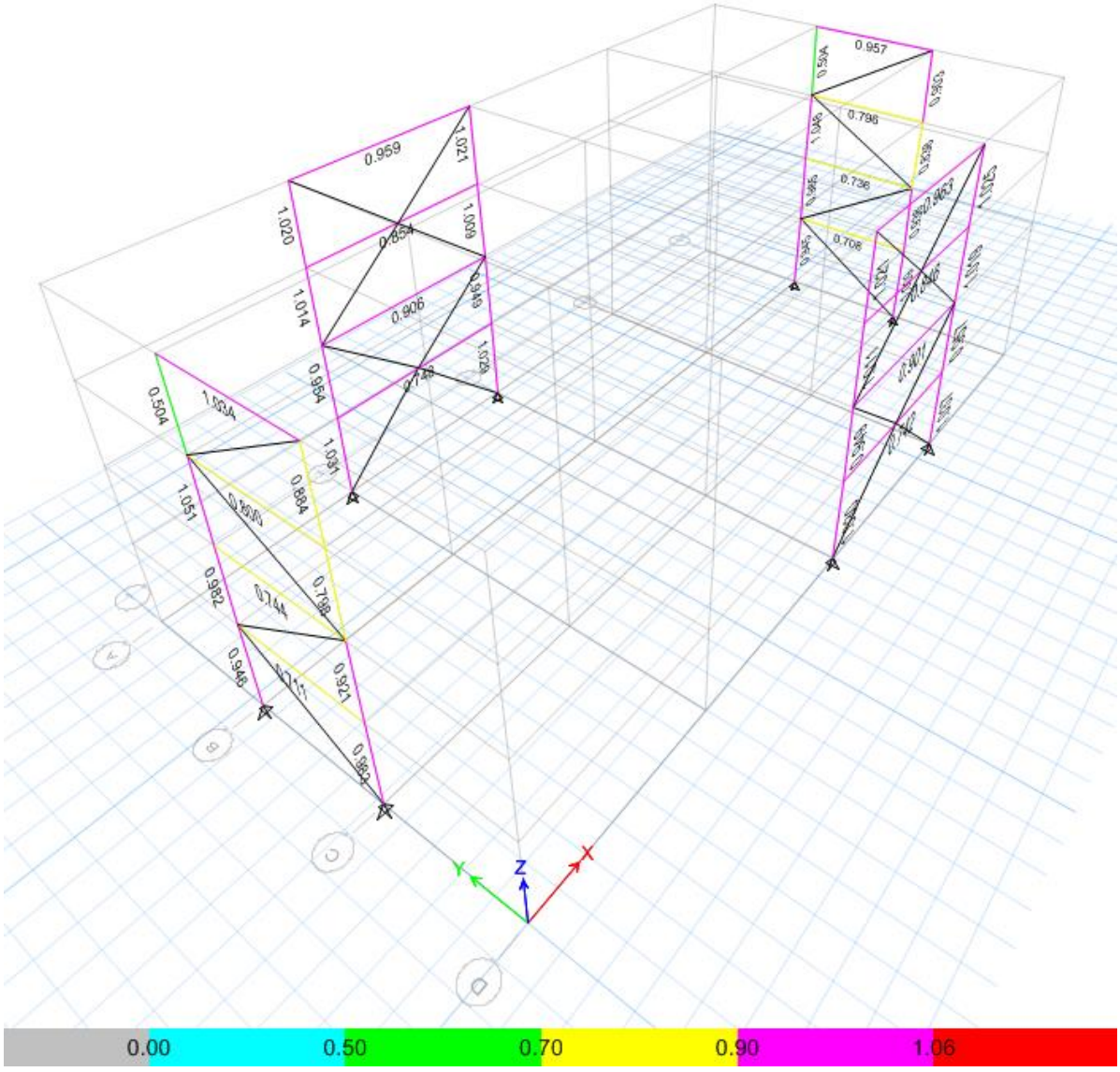
BRBF1=1.2DEAD+1.0LIVE+TA+CB

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).

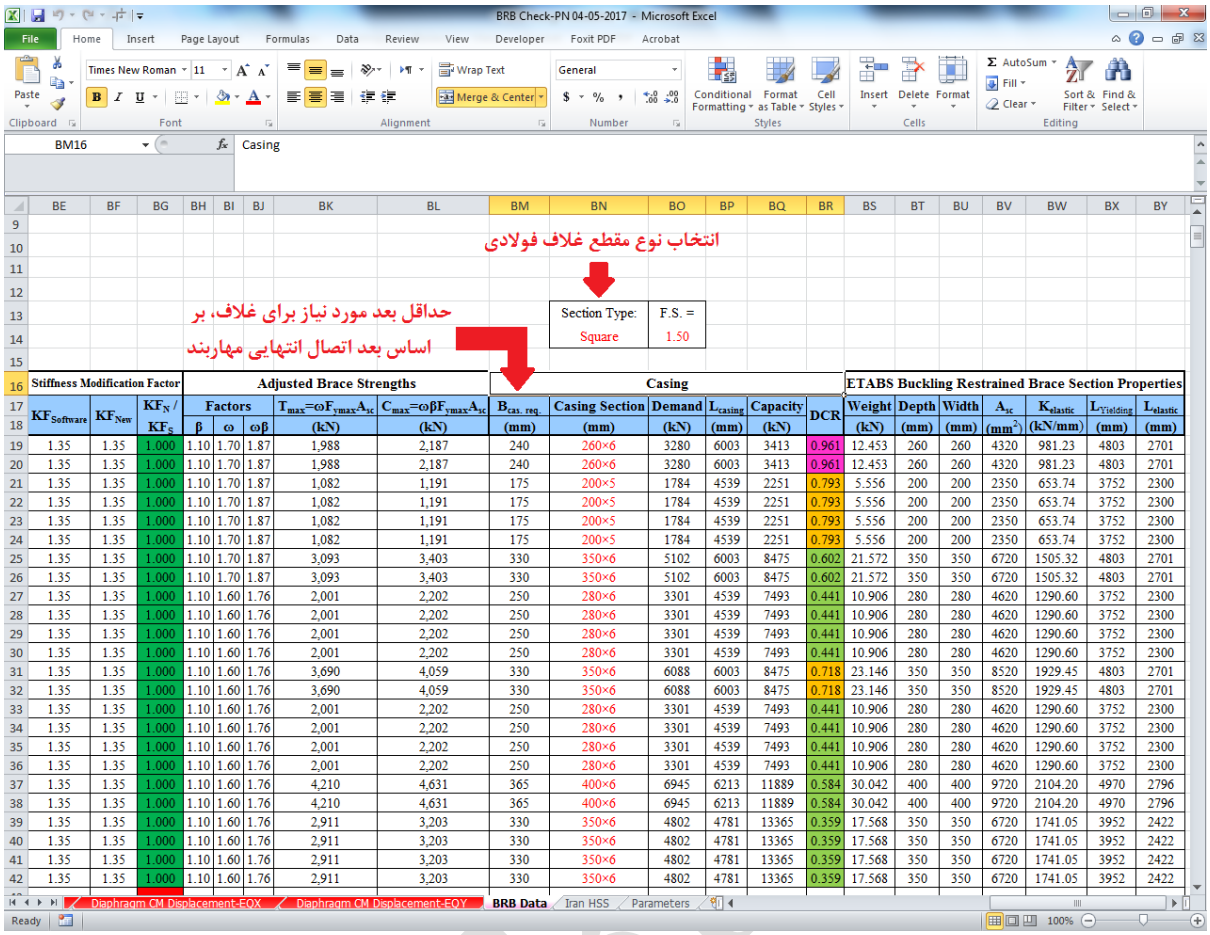
توجه شود که این کنترل در مهاربندهای همگرای ویژه، بر اساس بند ۱۰-۳-۱۱-۲ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان نیز باید انجام شود؛ با این تفاوت که در سازه‌های مجهز به مهاربند همگرای ویژه، قاب مهاربندی شده باید برای دو حالت مجزا: ۱- اعمال ظرفیت کششی و ظرفیت فشاری مهاربندها، و ۲- اعمال ظرفیت کششی و ظرفیت پس از کمانش 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 نقشه های 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 نیبت 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.

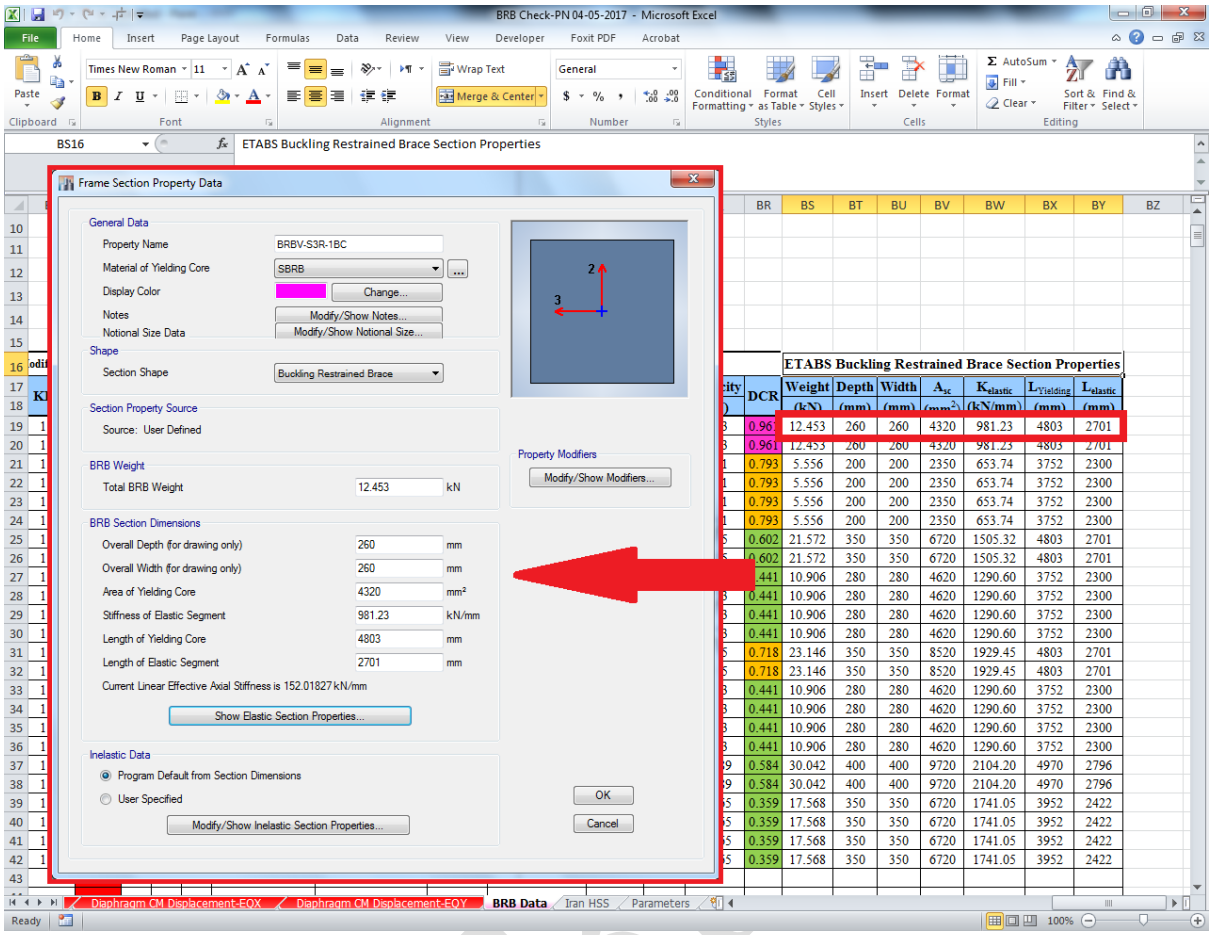


شکل ۴-۳۲ تعیین بعد تقریبی غلاف فولادی پیرامونی

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:

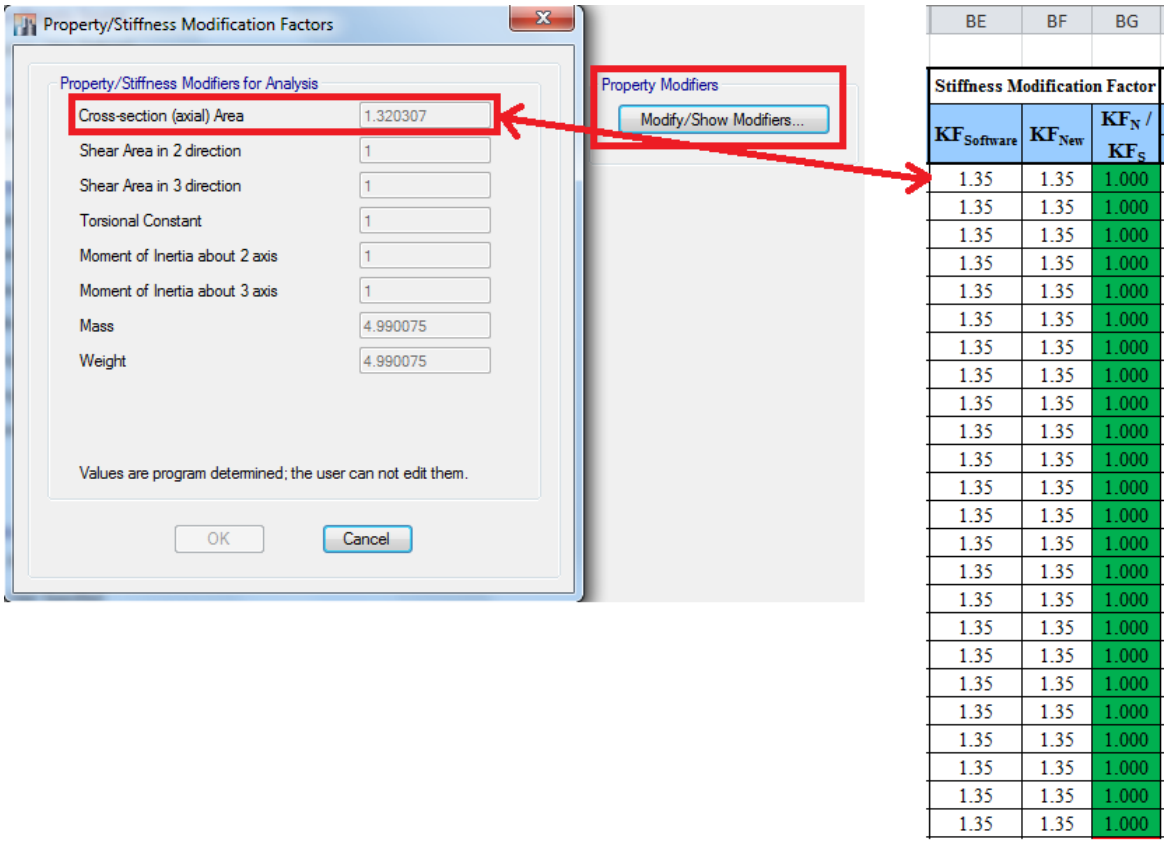
Define>Section Properties>Frame Sections>Add New Properties>Section Shape>Buckling Restrained Brace



شکل ۴-۳۳ اعمال مقادیر مورد نیاز جهت تعریف مقاطع پیش فرض مهاربند کمانش تاب برنامه ETABS

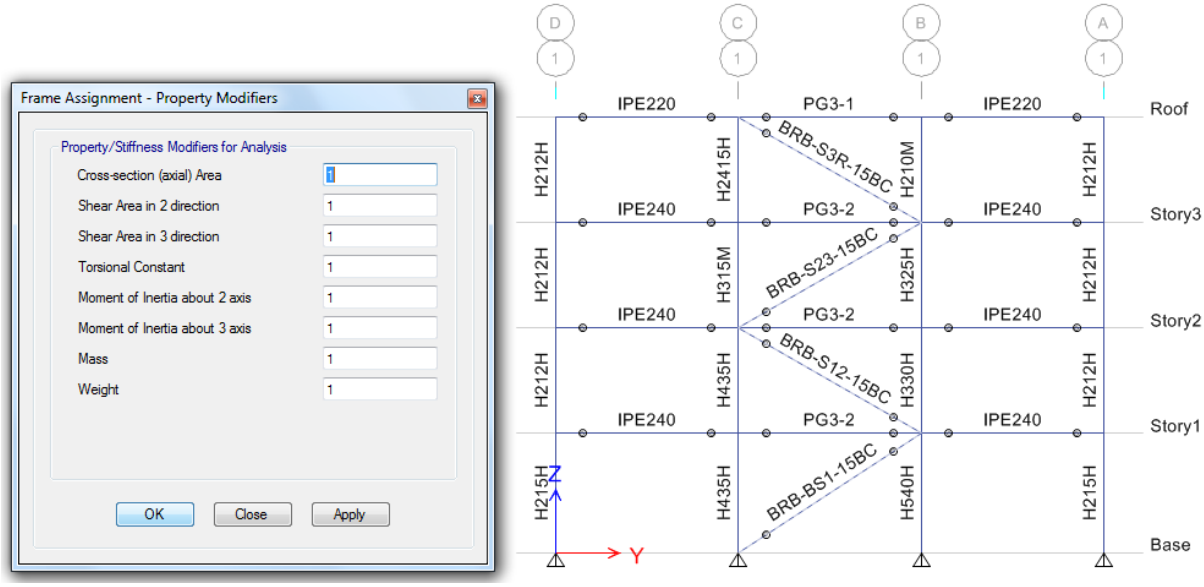
می‌توانید جهت کنترل این مبحث که آیا ضرایب مربوطه درست محاسبه و تعریف شده‌اند، ضریب اصلاح سختی محوری محاسبه شده توسط برنامه ETABS را با مقدار محاسبه شده توسط برنامه صفحه گسترده مقایسه نمایید. برای این منظور پس از تعریف مشخصات مقطع بر بروی دکمه Modify/Show Modifiers ... از قسمت Property Modifiers کلیک نمایید و ضریب اصلاح سختی محوری محاسبه شده را با ضریب اصلاح سختی اعمالی $KF_{Software}$ 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 گِرد 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 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 نرم‌افزار 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 (β) و سخت‌شدگی کرنشی (ω) 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 برخودار 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.

VIRABRACE

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 (β) و سخت‌شدگی کرنشی (ω) 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.

VIRABRACE

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 نقشه های 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

VIRABRACE

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

VIRABRACE

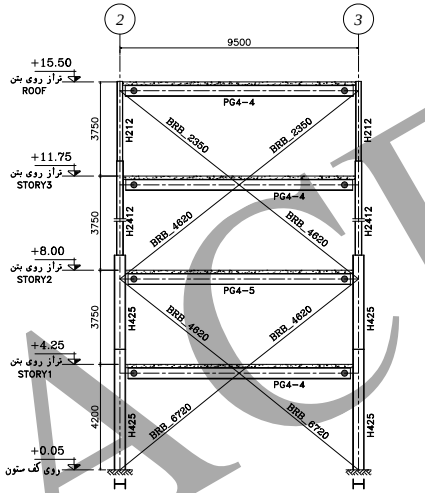
این نقشه به سفارش مستقیم شرکت پویا تدبیر ویرا طراحی و تهیه شده است.
کلیه حقوق مادی و معنوی مربوط به این نقشه، همینطور انتشار آن متعلق به شرکت پویا تدبیر ویرا بوده و هرگونه کپی برداری و یا انتشار آن بدون کسب اجازه رسمی، عملی غیراخلاقی بوده و قابل پیگرد قانونی است.

جدول مشخصات مهاربندهای کمانش تاب

نشانه (MARK)	موقعیت: بر روی محور	موقعیت: مابین محورهای	تراز (طبقه)	تعداد	مساحت هسته (mm^2)	ضریب تعدیل مقاومت فشاری (β)	ضریب تعدیل سخت‌شدگی کرنشی (ω)	ضریب اصلاح سختی مهاربند (KF)	تغییرشکل مهاربند ($\pm$) (mm)	غلاف محافظ: شکل	غلاف محافظ: حداکثر بعد مکعبه (mm)	نوع اتصال	توضیحات
BRB_4320	1	B-C	ROOF	1	4320	1.10	1.70	1.35	54.8	مربع	260	جوشی	
BRB_6720	1	B-C	STORY3	1	6720	1.10	1.70	1.35	52.7	مربع	350	جوشی	
BRB_8520	1	B-C	STORY2	1	8520	1.10	1.60	1.35	47.0	مربع	350	جوشی	
BRB_9720	1	B-C	STORY1	1	9720	1.10	1.60	1.35	43.1	مربع	400	جوشی	
BRB_4320	2	B-C	ROOF	1	4320	1.10	1.70	1.35	54.8	مربع	260	جوشی	
BRB_6720	2	B-C	STORY3	1	6720	1.10	1.70	1.35	52.7	مربع	350	جوشی	
BRB_8520	2	B-C	STORY2	1	8520	1.10	1.60	1.35	47.0	مربع	350	جوشی	
BRB_9720	2	B-C	STORY1	1	9720	1.10	1.60	1.35	43.1	مربع	400	جوشی	
BRB_2350	A	2-3	ROOF	2	2350	1.10	1.70	1.35	40.1	مربع	200	جوشی	
BRB_4620	A	2-3	STORY3	2	4620	1.10	1.60	1.35	32.4	مربع	280	جوشی	
BRB_4620	A	2-3	STORY2	2	4620	1.10	1.60	1.35	36.0	مربع	280	جوشی	
BRB_6720	A	2-3	STORY1	2	6720	1.10	1.60	1.35	32.6	مربع	350	جوشی	
BRB_2350	D	2-3	ROOF	2	2350	1.10	1.70	1.35	40.1	مربع	200	جوشی	
BRB_4620	D	2-3	STORY3	2	4620	1.10	1.60	1.35	32.4	مربع	280	جوشی	
BRB_4620	D	2-3	STORY2	2	4620	1.10	1.60	1.35	36.0	مربع	280	جوشی	
BRB_6720	D	2-3	STORY1	2	6720	1.10	1.60	1.35	32.6	مربع	350	جوشی	

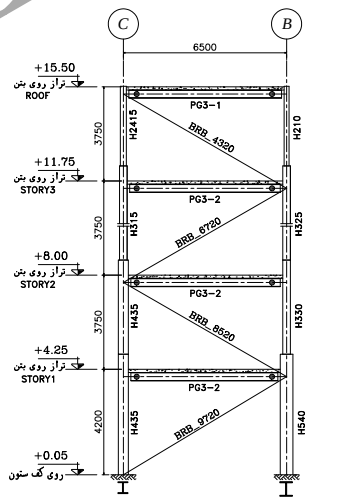
تذکـــرات:

۱- فولاد مصرفی در هسته باید از نوع S235 (ST-37) با حداقل 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 ۵۰ میلیمتر باشد، باید آزمایش ضربه شارپی انجام شود.
۲- تولیدکننده کمانش تاب مهاربند باید جزئیات اتصال مهاربندها را بر اساس ضوابط استاندارد AISC 341-16 طراحی کرده و جزئیات آنرا به تایید مشاوره پروژه برساند.
۳- تولیدکننده مهاربند کمانش تاب باید نتایج آزمایشات مربوط به مهاربندهای مشابه را بر ضوابط استاندارد AISC 341-16 ارائه کرده و آنها را به تایید مشاور پروژه برساند.
۴- نتایج آزمایشات ارائه شده از سوی تولیدکننده باید ثابت کند که ضریب تعدیل مقاومت فشاری و ضریب تعدیل سخت‌شدگی کرنشی در تغییرشکل قابل انتظار، از مقادیر منظور شده طراحی فراتر نخواهد رفت (MAXIMUM ωβ=1.87).
۵- ضرایب اصلاح سختی (KF) ارائه شده، ضرایب مورد استفاده در طراحی است. ضرایب واقعی می تواند به مقدار 10% ± با این مقادیر تفاوت داشته باشد.
سختی واقعی موثر مهاربند (Keff) بر اساس طول محور به محور مهاربند تعیین می شود: Keff=KFxAscxE/Lwp
۶- 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 (2×Δ) پایدار بماند.



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

Sc. 1:100



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

Sc. 1:100

تذکـــرات:

۱- اتصالاتی که با علامت ┼◄ مشخص شده از نوع اتصال گیردار تیر به ستون می‌باشد.
۲- اتصالاتی که با علامت ┼● مشخص شده از نوع اتصال مفصلی تیر به ستون می باشد.
۳- موقعیت وصله ستون ها با علامت ┼ مشخص شده است.
۴- ضخامت دال بتنی طبقات برابر ۱۳۰ میلیمتر می باشد.
۵- جهت قرارگیری ستونها در پای هر ستون مشخص شده است.
۶- 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 Vira.

General notes

Rev	Date	Appd	Reason
1	27.04.2017	PN	for approval

Consultants

پویا تدبیر ویرا سهامی خاص

Project Title

4 Story Benchmark Building

Drawn	Scale
DN	As Shown (at A2)

Filename

BRB Check

Sheet Title

جزئیات مهاربندهای کمانش تاب

Job No	Sheet No	Rev
17.04	BRB-01	1

VIRA BRACE

ParsDynamicsEngineeringGroupParsDynamicsEngineeringGroupParsDynamicsEngineeringGroupParsDynamicsEngineeringGroupParsDynamicsEngineeringGroup

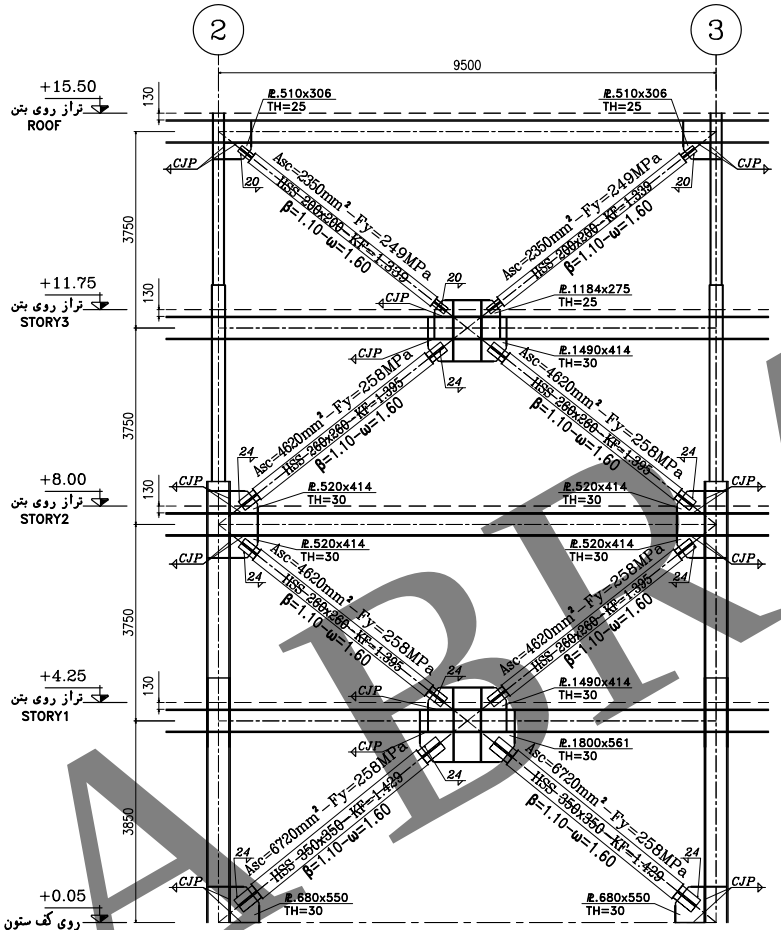
پیوست ۲: نمونه نقشه ارسالی توسط شرکت پویا تدبیر ویرا به مهندسین مشاور پس از طراحی مهاربندهای کمانش تاب تحت نظارت مستقیم مهندسین مشاور Low Damage Design کشور نیوزلند

VIRABRACE

کلیه حقوق مادی و معنوی مربوط به این نقشه، همینطور انتشار آن منطق به شرکت پویا تدبیر ویرا بوده و هرگونه کپی برداری و یا انتشار آن بدون کسب اجازه رسمی، علمی غیراخلاقی بوده و قابل پیگرد قانونی است.

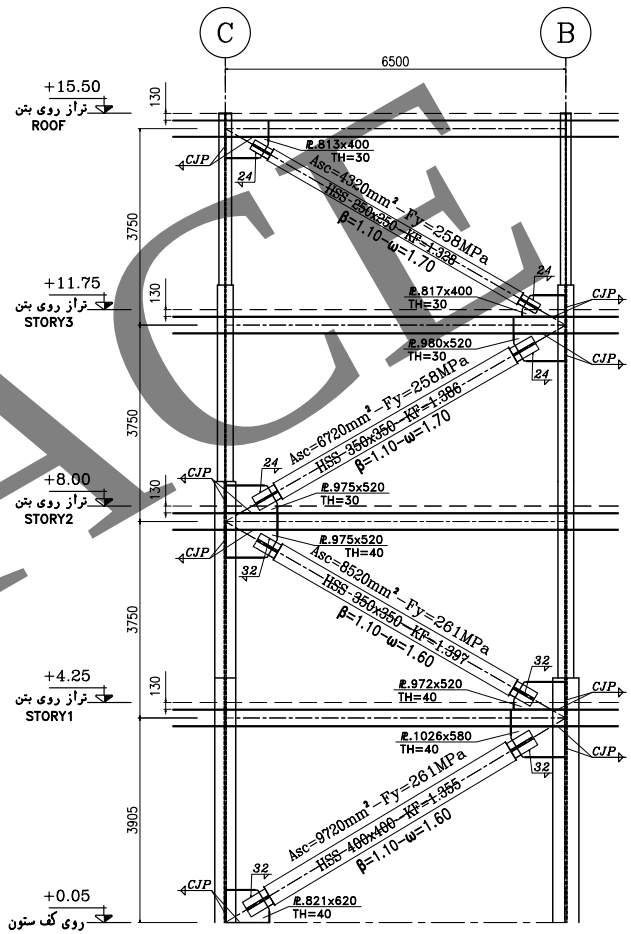
جدول مشخصات اتصالات جوشی مهاربندهای کمانش تاب تولیدی شرکت پویا تدبیر ویرا (mm)

نشانه (MARK)	موقعیت: طبقه	موقعیت: محور عرضی	تراز (طبقه)	جوش مهاربند به ورق اتصال: L_1min	B_1	W_1	جوش الحی ورق اتصال به گف ستون یا تیر طبقه بالایی: L_2min	W_2	جوش الحی ورق اتصال به ستون اتصال بالایی: L_3min	W_3	جوش مهاربند به ورق اتصال: L_4min	W_4	L_5min	W_5	ورق اتصال مهاربند: t_gP	جنس	ساحت انکر برشهای مورد نیاز در گسترش: $ASBmin$ (mm²)
BRB_4320	1	B-C	ROOF	260	220	24	817	CJP	813	CJP	400	CJP	–	–	30	S235 (ST-37)	–
BRB_6720	1	B-C	STORY3	340	290	24	975	CJP	980	CJP	520	CJP	–	–	30	S235 (ST-37)	–
BRB_8520	1	B-C	STORY2	330	290	32	972	CJP	975	CJP	520	CJP	–	–	40	S235 (ST-37)	–
BRB_9720	1	B-C	STORY1	370	325	32	821	CJP	1026	CJP	580	CJP	–	–	40	S235 (ST-37)	18907
BRB_4320	2	B-C	ROOF	260	220	24	817	CJP	813	CJP	400	CJP	–	–	30	S235 (ST-37)	–
BRB_6720	2	B-C	STORY3	340	290	24	975	CJP	980	CJP	520	CJP	–	–	30	S235 (ST-37)	–
BRB_8520	2	B-C	STORY2	330	290	32	972	CJP	975	CJP	520	CJP	–	–	40	S235 (ST-37)	–
BRB_9720	2	B-C	STORY1	370	325	32	821	CJP	1026	CJP	620	CJP	–	–	25	S235 (ST-37)	18907
BRB_2350	A	2-3	ROOF	180	135	20	–	–	510	–	306	–	306	15	25	S235 (ST-37)	–
BRB_4620	A	2-3	STORY3	260	210	24	520	CJP	–	–	414	CJP	1490	15	30	S235 (ST-37)	–
BRB_6720	A	2-3	STORY2	260	210	24	–	–	520	–	–	–	1490	15	30	S235 (ST-37)	5686
BRB_8520	A	2-3	STORY1	340	290	24	550	CJP	–	–	680	CJP	1800	15	30	S235 (ST-37)	–
BRB_2350	D	2-3	ROOF	180	135	20	–	–	510	–	306	–	306	15	25	S235 (ST-37)	–
BRB_4620	D	2-3	STORY3	260	210	24	520	CJP	–	–	414	CJP	1490	15	30	S235 (ST-37)	–
BRB_4620	D	2-3	STORY2	260	210	24	–	–	520	–	–	–	1490	15	30	S235 (ST-37)	5686
BRB_6720	D	2-3	STORY1	340	290	24	550	CJP	–	–	680	CJP	1800	15	30	S235 (ST-37)	–



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

Sc. 1:50



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

Sc. 1:50

تذکـــرات:

۱- الکترود مصرفی جوشهای در محل باید از نوع E7018 بوده و باید قبل از استفاده بر اساس دستورالعمل تولید کننده پخته 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.

تغییر	تاریخ	شرح

دفتر مرکزی:
تهران، خیابان ولیعصر، خیابان فیاض، خیابان الفارابی، خیابان پاک اندیشان، پلاک ۱۱، واحد ۲
تلفن: 021-22896094
فکس: 021-22896094
www.virabrace.com
پویا تدبیر ویرا سهامی خاص

ترسیم:	تصویب:	
DN		PN

عنوان پروژه

4 Story Benchmark Building

عنوان نقشه

جزئیات عمومی اجرایی
مهاربند کمانش تاب جوشی

شماره پروژه	شماره نقشه	ویرایش
WB-17-03	VB-WB-1703-01	1

VIRA BRACE