

بررسی تاثیر استفاده از اتصالات استخوانی در منحنی پوش آور قابهای خمشی فولادی 8،4 و 12 طبقه

علیرضا حسین آبادی^{1*}، محسن ایزدی نیا²، علیرضا فیوض³

1- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر (Alireza_hosseinabadi@yahoo.com)

2- استاد، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی نجف آباد (Izadiniam2002@yahoo.com)

3- استاد و عضو هیأت علمی دانشگاه خلیج فارس بوشهر (Alireza_fiouz@yahoo.com)

چکیده

در این مقاله مطالبی مربوط به مبانی و اصول تحلیل‌های غیر خطی در نرم‌افزارهای اجزاء محدود و نیز بیان توضیحاتی در خصوص جزئیات هر روش و دقت و نحوه عملکرد آن‌ها ذکر گردیده است که می‌تواند ذهنیت مناسب و قابل قبولی در مورد اتصالات RBS به خوانندگان گرامی دهد. همچنین در این تحقیق توضیحاتی در خصوص نرم‌افزارهای مورد استفاده و نحوه منظور نمودن حالات تحلیل مورد نیاز در آن‌ها ارائه شده است. نحوه تحلیل قاب‌های مورد مطالعه، تحلیل غیرخطی بار افزون (Pushover) است، به این دلیل که رفتار اعضای مقاوم جانبی به خاطر وارد شدن نیروهای بزرگ، وارد محدوده غیر خطی می‌شود. تحلیل بار افزون عبارت است از تحلیل استاتیکی غیرخطی سازه تحت اثر بارهای جانبی افزایش یابنده و تعیین نمودار بار - تغییر مکان یا ظرفیت سازه که معمولاً از مقادیر برش پایه و تغییر مکان جانبی بام برای رسم این نمودار استفاده می‌شود. واژه‌های کلیدی: اجزاء محدود، تحلیل بار افزون، تحلیل استاتیکی، Pushover، اتصالات RBS

مقدمه

رفتار غیرخطی مصالح که شایع‌ترین عامل غیرخطی در مهندسی سازه می‌باشد بدین صورت تعریف می‌شود که اگر به درونی‌ترین جزء یک سازه رجوع کنیم، منحنی تنش و کرنش برای یک جزء به طول دیفرانسیلی dx به صورت کلی غیر خطی است، اما با تقریب خوب می‌توان تا تنش تسلیم، برای بسیاری از مواد این حالت را خطی در نظر گرفت اما بعد از تنش تسلیم، ماده به حالت غیرخطی رسیده و شروع به رفتار غیرخطی می‌کند. این رفتار در کل مقطع، جمع بندی شده و مقطع غیرخطی را معرفی می‌کند و از انتگرال گیری مقاطع، المان غیرخطی، و از رویهم گذاری المانها، سازه غیرخطی معرفی می‌شود. این فصل قصد به رابطه سازی و معرفی دقیق رفتار غیرخطی مصالح نمی‌پردازد، اما به ذکر همین نکته بسنده می‌شود که با روش‌هایی که در ادامه ذکر خواهد شد می‌توان اثرات غیرخطی مصالح را مدل‌سازی کرد که معرفی المان‌هایی است که می‌توانند با روابط ریاضی مناسب و با مدل‌های پیشنهادی سازگار، با مصالح واقعی مطابقت نمایند. این گونه مدل‌ها معمولاً به سه دسته عمده تقسیم می‌شوند، که در این مقاله به تفسیر به بررسی این موارد پرداخته ایم. [1]

1- تئوری تحلیل غیر خطی مصالح سازه‌ها

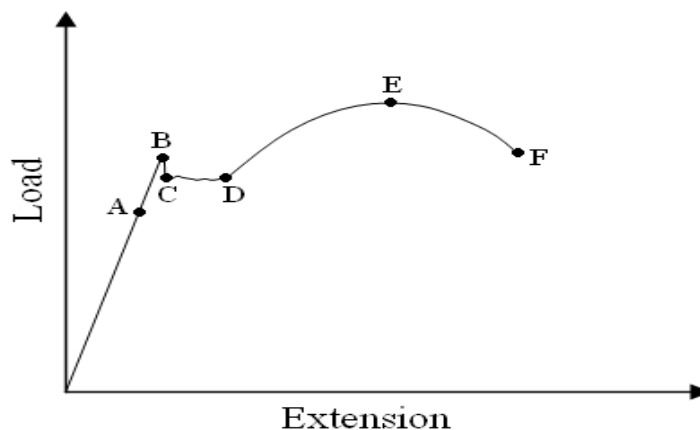
همانگونه که در مقدمه نیز اشاره شد با توجه به نوع مصالح و نیز رفتار غیر خطی آن‌ها که در مدل سازی نیز لحاظ شده است تقسیم بندی را می توان در سه محور انجام داد :

1-1- مدل‌های پلاستیسیته متمرکز: در این گونه مدل‌ها فرض بر اینست که پلاستیسیته ماده در یک سری نقاط فرضی متمرکز می‌باشد و بقیه المان رفتاری خطی دارد. این فرض برای مطالعات مقدماتی و همچنین برای سازه‌هایی که با آزمایش فراوان، محل تقریبی مفاصل پلاستیک آنها مشخص است، نتایج خوبی می‌دهد.

1-2- مدل‌های پلاستیسیته گسترده منفصل: این مدل‌ها پلاستیسیته را مطابق با رفتار واقعی المان در نظر گرفته و با تعریف سطح مقطع در نقاطی مشخص در طول المان به نام نقاط انتگرالگیری، می‌توانند الیاف یک ماده را به تنهایی آنالیز کرده و المانهایی به نام المانهای الیافی را تعریف کنند و منحنی تنش و کرنش را به این المان‌ها اختصاص داده و از روی جمع بندی آنها بر روی سطح مقطع، و بعد جمع بندی سطح مقطع در طول المان، رفتار غیرخطی المان را مشخصه سازی و فرموله می‌نمایند.

1-3- مدل سازی پلاستیسیته با اجزاء محدود میکروسکوپی: اینگونه رابطه سازی در حقیقت استفاده از المانهای چندگره‌ای مبحث اجزاء محدود در مقیاس بسیار ریز می‌باشند، با تعریف شبکه‌های بسیار کوچک متشکل از المانهای سه بعدی در هر نقطه از ماده رابطه تنش و کرنش را به صورت واقعی فرض کرده و تمام رفتار یک ماده اعم از تغییر شکل‌های بسیار کوچک برشی و پیچشی و غیره را در نظر می‌گیرد و تعریفی بسیار دقیق از رفتار ماده، ارائه می‌دهد. که البته همانطور که از تعریف آن برمی آید دارای مزایا و معایبی می‌باشد [1].

در محدوده الاستیک اگر بار یا عامل ایجاد کننده تغییر شکل برداشته شود جسم به حالت اول خود بر می‌گردد و در این محدوده تغییر شکل مربوط به یک تنش معین فقط به همان تنش بستگی دارد و به مسیر بار یا کرنش بستگی ندارد در صورتی که در محدوده پلاستیک پس از برداشته شدن بار جسم به حالت اولیه بر نمی‌گردد و مقداری کرنش یا تغییر شکل دائمی در آن باقی می‌ماند و در این محدوده، تغییر شکل علاوه بر مقدار نهایی تنش به مسیر بارگذاری نیز بستگی دارد. در محدوده پلاستیک روابط تعادل، روابط سازگاری و روابط کرنش تغییر مکان که در ناحیه الاستیک معتبر هستند در این محدوده هم همچنان قابل استفاده و معتبرند ولی برای روابط تنش - کرنش که روابط ساختاری نام دارند باید روابط جدیدی بدست آورد. برای روشن شدن رفتار فولاد تحت آزمایش کشش ساده را در نظر بگیرید (شکل 1).



شکل 1- نمودار نیروی محوری کششی-تغییر شکل محوری کششی در آزمایش کشش ساده فولاد نرمه [2]

در نمودار بالا نقاط A، B و C به ترتیب نشان دهنده حد ارتجاعی خطی یا حد تناسب، حد ارتجاعی غیر خطی یا تسلیم فوقانی و نقطه تسلیم تحتانی می‌باشند و محدوده D تا E که در محدوده پلاستیک قرار دارد، نمایانگر توانایی بیشتر نمونه فولادی در تحمل نیروی بیشتر با وجود کاهش سطح مقطع آن می‌باشد که این پدیده را به اسم کار سختی می‌شناسیم.

در توضیح بیشتر رفتار پلاستیک باید ذکر شود که وقتی یک جسم ایزوتروپ به مرحله پلاستیک می‌رسد کریستالهای آن از وضعیت اتفاقی خارج می‌شوند و در جهت خاصی قرار می‌گیرند که این موضوع باعث می‌شود در جسم خواص غیر ایزوتروپ ایجاد شود ولی معمولاً از حالت غیر ایزوتروپ ایجاد شده در بحث پلاستیسیته صرف نظر می‌شود. باید توجه شود که در محدوده پلاستیک فقط در حالتی که یک افزایش دائمی در تنش داشته باشیم می‌توان یک رابطه ثابت بین تنش و کرنش در نظر گرفت و در صورتی که کاهش-افزایش (رفت و برگشت) در تنش موجود باشد مقدار تنش می‌تواند مربوط به مقادیر مختلف از کرنش باشد و یا به عبارت دیگر از دیاد کرنش در محدوده پلاستیک هم به افزایش تنش در جسم بستگی دارد هم به سابقه تنش در جسم.

برخی از مصالح نیز از ابتدای امر به صورت غیر خطی عمل می‌کند و نمودار تنش کرنش آن به صورت غیر خطی عمل می‌کند که این امر باعث غیر خطی عمل کردن مصالح می‌شود که در تحلیل‌های دقیق باید مد نظر قرار گیرد و در هر مرحله بارگذاری بر اساس کرنش ایجاد شده، تنش‌های ایجاد شده را بدست آورده و در تحلیل مد نظر قرار دهیم و نیز برای تحلیل درست باید در مورد تسلیم مصالح اطلاعات دقیق داشته باشیم که بر این اساس معیارهایی ارائه شده است [2].

2- معیار تسلیم

در حالت تک محوری با رسیدن تنش محوری به تنش تسلیم، ماده حالت خمیری به خود می‌گیرد اما در حالت کلی چند محوری ترکیب تنشها باعث بوجود آمدن حالت خمیری می‌شود فلذا تابعی به نام تابع تسلیم که ترکیبی از اجزاء مختلف تنشی باشد به عنوان تابع تسلیم تعریف می‌شود. در حالت سه بعدی معادله این تابع یک رویه را تعریف می‌نماید که روی این رویه تسلیم اتفاق خواهد افتاد و در داخل رویه شرایط الاستیک و یا کشسان برقرار می‌باشد. سطوح تسلیم متعددی توسط محققین مختلف تعریف شده اند که برخی از آنان عبارتند از:

الف - سطح تسلیم ترسکا

ب - سطح تسلیم فون مایز

ج - سطح تسلیم موهر-کولمب

د - سطح تسلیم دراگر-پراگر

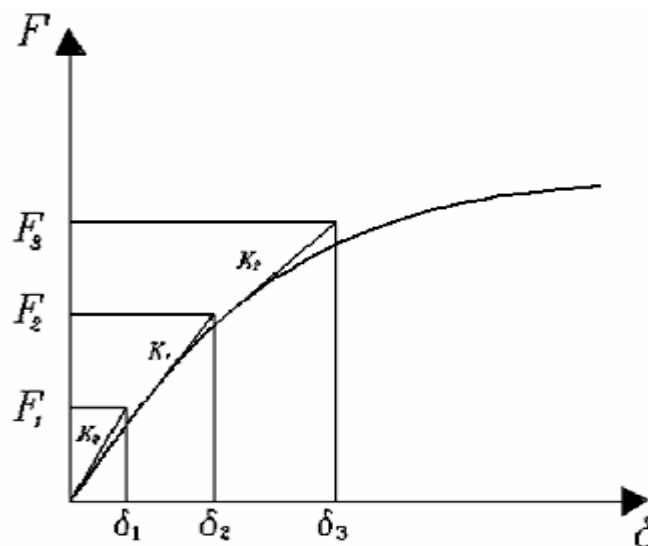
در دو مورد اول تنشهای هیدرواستاتیک نقشی در تعریف تابع تسلیم ندارند و برای توصیف رفتار فلزات مناسب می‌باشند. این بدان معنیست که اگر مثلاً یک قطعه فولادی را به اعماق آبهای عمیق ببریم، هیچگونه تسلیمی در آن اتفاق نمی‌افتد چراکه هرچه قدر تنش هیدرواستاتیک بزرگ باشد، سطح تسلیم در فضای تنشهای اصلی سه بعدی موازی خط $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ می‌باشد و بنابراین هیچگاه آنرا قطع نخواهد کرد.

در دو مورد دوم که برای مواد ریزدانه مانند خاک و بتن مناسب می‌باشد، تنش هیدرواستاتیک نقش اساسی در تسلیم ایفا می‌نماید و سطح تسلیم به صورت یک مخروط و یا یک شش وجهی منتظم می‌باشد که زاویه اصطکاک

داخلی و چسبندگی ماده نقش در بوجود آمدن شرایط تسلیم دارند. خصوصا توجه نرم افزار مورد استفاده در این تحقیق بر روی سطح تسلیم موهر-کولمب می باشد که راس شش ضلعی در یک طرف محور قائم در فضای تنشهای اصلی قرار داشته و در طرف دیگر چند وجهی با قاعده گسترش داده شده پیش خواهد رفت. با توجه به مطالب گفته شده، تعیین ترکیب خاصی از مولفه های تنش در یک نقطه از جسم که باعث می شود پلاستیک شدن جسم شروع شود با تعریف معیار پلاستیسیته انجام می شود [2].

3- روش تحلیل مسائل غیر خطی سازه ها

در حل مسائل غیر خطی چندین روش ارائه شده است که از جمله روش نیوتن-رافسون و روش فزاینده (بله ای) را می توان نام برد. در روش حل فزاینده در هر مرحله بار گذاری انجام شده، پاسخ سازه بدست آمده و ماتریس سختی جدید از این پاسخ بدست آمده و این ماتریس سختی در مرحله بعد بکار گرفته می شود و نمودار تغییر شکل_نیرو سازه را بدست می آوریم. (شکل 2)



شکل 2- نمودار شماتیک F-u در الگوریتم حل فزاینده [2]

به صورت کلی چهار روش تحلیلی ممکن برای تحلیل سازه ها وجود دارد.

الف - تحلیل استاتیکی خطی

ب - تحلیل دینامیکی خطی

ج - تحلیل استاتیکی غیر خطی

د - تحلیل دینامیکی غیر خطی

از این میان تحلیل بار افزون¹ که بصورت استاتیکی غیر خطی صورت می پذیرد بسیار مورد توجه می باشد.

4- روش انجام تحلیل

¹ - Push Over

روش تحلیل قاب‌های مورد مطالعه، تحلیل غیرخطی بار افزون¹ است، به این دلیل که رفتار اعضای مقاوم جانبی به خاطر وارد شدن نیروهای بزرگ وارد محدوده غیر خطی می‌شود.

تحلیل بار افزون عبارت است از تحلیل استاتیکی غیرخطی سازه تحت اثر بارهای جانبی افزایش یابنده و تعیین نمودار بار - تغییر مکان یا ظرفیت سازه که معمولاً از مقادیر برش پایه و تغییر مکان جانبی بام برای رسم این نمودار استفاده می‌شود.

تحلیل استاتیکی بار افزون بر مبنای تئوریک مشخصی قرار ندارد و براین اصل استوار است که پاسخ سازه را می‌توان با پاسخ سیستم یک درجه آزادی با مشخصه‌های معادل شده شبیه سازی نمود. این فرض منجر می‌گردد که پاسخ سازه، تنها وابسته به یک مود تغییر شکلی (شکل مود اول ارتعاش) بوده و شکل آن در طول زمان تحلیل ثابت باقی بماند. البته هر چند هر دو فرض یاد شده ممکن است نادرست به نظر برسد، اما تحقیقات گسترده در طول چند دهه اخیر نشان داده است که برای سازه‌هایی که مود اول نوسان بر پاسخ آنها غالب بوده تخمین‌های خوب و مناسبی از ماکزیمم بازتابهای سیستم به کمک این تحلیل بدست می‌آید.

در کلی‌ترین حالت‌ها، بررسی رفتار و برآورد عملکرد یک سازه بایستی توسط تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی و براساس شتاب‌نگاشت‌های معین و متناسب صورت گیرد اما تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی، نیازمند دانش و پیش زمینه کافی بوده که لازمه آن گذراندن دوره‌های تحصیلی عالی می‌باشد که این امر برای همه قابل دسترسی نیست. در عین حال پیچیدگی، وقتگیر بودن و هزینه بالای این تحلیل‌ها و علاوه بر آن مشکلاتی که در توجیه و تفسیر نتایج حاصله ممکن است ظاهر شود کاربرد این نوع تحلیل را به پروژه‌های تحقیقاتی و موارد خاص محدود می‌کند. به این ترتیب وجود یک روش ساده تر و کاربردی چون تحلیل بار افزون، می‌تواند بسیاری از مشکلات یاد شده را مرتفع سازد.

تحلیل غیرخطی جانبی بار افزون یا تحلیل مود خرابی (Collapse Mode) یک روش ساده و مفید برای پیش بینی پاسخ لرزه‌ای در کنار تحلیل دینامیکی غیرخطی می‌باشد. با استفاده از تحلیل بار جانبی افزایش یافته می‌توان ترتیب و توالی تسلیم شدن‌ها، ظرفیت شکل پذیری و مقاومت جانبی سازه را تعیین کرد. در تحلیل بار جانبی افزایش یافته سازه تحت بار جانبی افزایشی به صورت گام به گام مورد تحلیل قرار می‌گیرد. تحلیل بار افزون ممکن است به صورت کنترل نیرو یا جابه‌جایی باشد. تحلیل پوش‌آور معمولاً نیاز به زمان قابل ملاحظه‌ای داشته و در عمل پیچیده‌تر از آن است که برخی از مهندسين فکر می‌کنند، در نتیجه در اثنای این تحلیل باید صبر و حوصله خاصی داشت. راهنماها و مراجع اصلی در تحلیل غیرخطی گزارش‌های FEMA²-273 و FEMA-274 و ATC-33 بوده و همچنین یکسری مطالعات موردی بر روی برخی از ساختمانها وجود دارد. علاوه بر اینها از گزارش ATC-40 نیز می‌توان برای ساختمان‌های بتنی استفاده نمود.

در حقیقت با این تحلیل و روش‌های ابتکاری پیشنهاد شده در این دو آیین‌نامه می‌توان نقطه عملکرد سازه که بیانگر وضعیت سازه تحت اثر یک طیف زلزله می‌باشد را برآورد کرد.

5- مدل سازی مسئله

1-5- انتخاب نرم‌افزار

² - Federal Emergency Management Agency

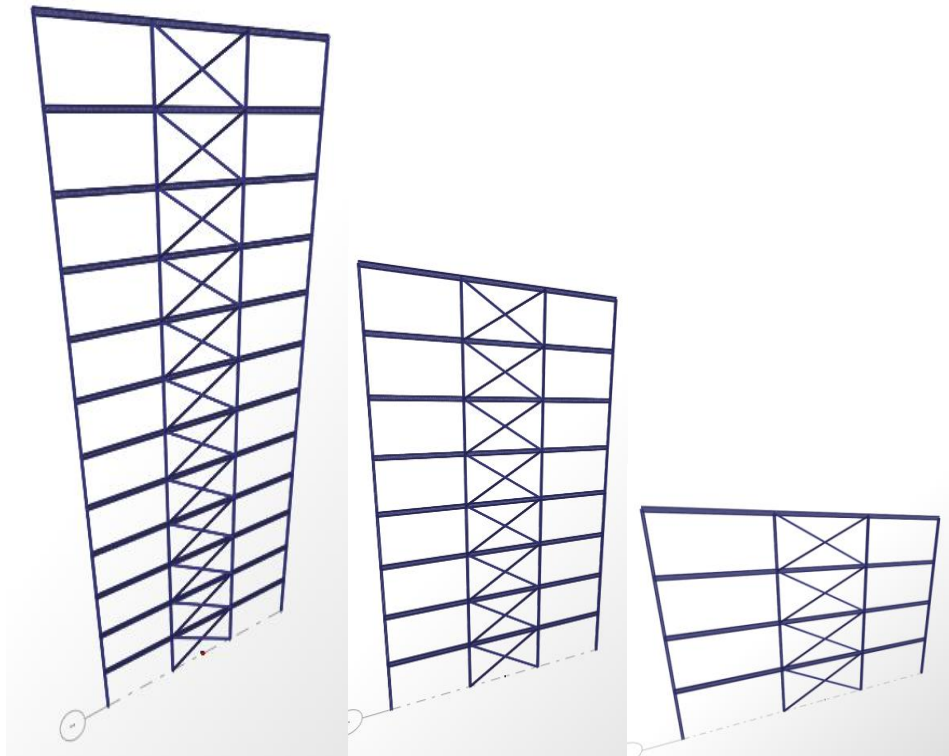
با توجه به روش انتخاب شده جهت انجام این پایان نامه یعنی ارزیابی سازه از طریق آنالیزهای عددی اجزاء محدود، مطالعه گسترده ای بر روی نرم افزارهای موجود به منظور امکان استفاده جهت مدل سازی و ارزیابی رفتار صورت گرفته است از جمله نرم افزارهای ETABS، OpenSEES و ABAQUS که هر یک دارای توانایی‌های بخصوصی هستند.

با توجه به این که طراحی و آنالیز قاب‌های مورد نظر توسط نرم افزار ETABS صورت پذیرفته بوده است، انتخاب اول در بین نرم افزارهای موجود نرم افزار ETABS می‌باشد. از آنجا که این نرم افزار توانایی‌های خاصی جهت انجام تحلیل‌های مورد نظر در این تحقیق دارا می‌باشد و بر اساس تست‌های کالیبراسیون متعدد در نسخه‌های جدید آن دقت قابل قبولی ارائه می‌نماید از این نرم افزار در این تحقیق استفاده خواهد شد. نرم افزار ETABS محصول کمپانی CSI Structure وابسته به دانشگاه برکلی امریکا می‌باشد که به منظور انجام تحلیل‌های اجزاء محدودی بر روی سازه‌ها دارای کاربردهای فراوانی می‌باشد [3].

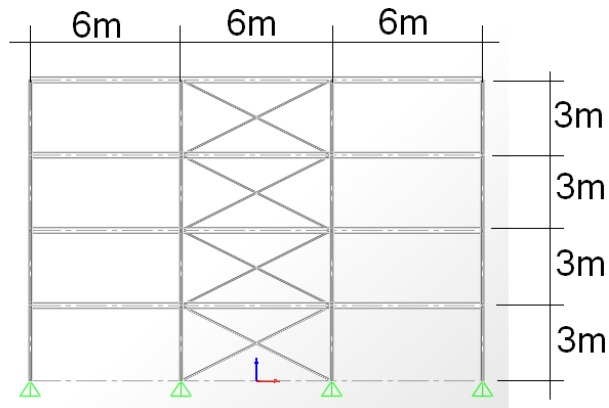
2-5- هندسه سازه

سازه‌های مورد بررسی در این تحقیق از نوع قاب‌های دوبعدی مهاربندی شده منظور گردیده است که در 3 سطح مختلف ارتفاعی (4، 8 و 12 طبقه) مورد مطالعه قرار گرفته اند و هر در دهانه وسط دارای مهاربند ضربدری مفصلی می‌باشد که در شکل نشان داده شده است.

دهانه‌های قاب دارای طول 6 متر و ارتفاع طبقات قاب برابر 3 متر در نظر گرفته شده است (برای نمونه شکل 4 را ببینید). اتصالات اعضای قاب (تیر به ستون) در قاب‌های مورد مطالعه از نوع اتصال خمشی و در دو حالت معمولی و RBS در نظر گرفته شده است.



شکل 3- سطوح مختلف ارتفاعی در قاب‌های مورد مطالعه



شکل 4- هندسه کلی سازه نمونه برای سازه 4 طبقه

4-5- تعیین نوع اتصالات قاب

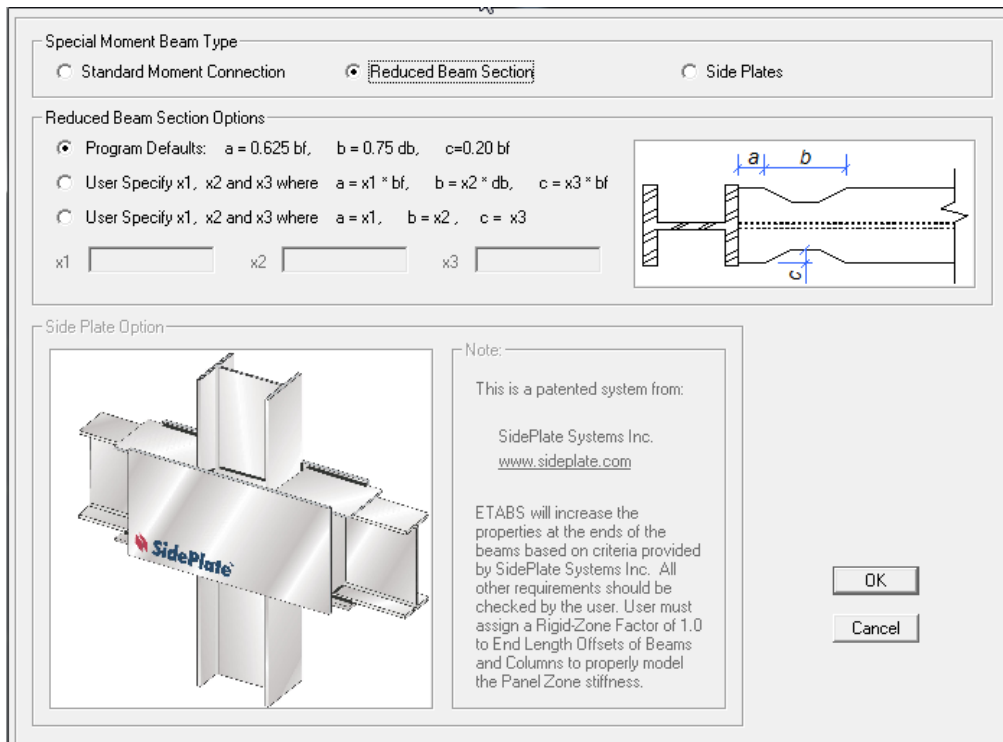
اتصالات تیر به ستون در قاب‌های مورد مطالعه در این تحقیق به دو دسته تقسیم می‌شوند:

(الف) اتصالات خمشی (معمولی)

این دسته از اتصالات حالت رایج در نرم‌افزارهای طراحی سازه را تشکیل می‌دهد که در این حالت نرم‌افزار بسته به مفصلی و یا گیردار بودن اتصالات تیر به ستون، درجه آزادی دورانی مربوطه را بین تیر و ستون لحاظ نموده و بر این اساس معادلات حاکم را در مدل اجزاء محدود مسئله جهت آنالیز وارد می‌نماید.

(ب) اتصالات RBS

این دسته از اتصالات از نظر نوع اتصالات انتهای تیر به ستون فرقی با حالت اول ندارد. لکن، از آنجا که در این دسته از اتصالات ناحیه انتهای تیر دارای هندسه متفاوتی بوده و لذا تیر رفتار متفاوتی را در این ناحیه از خود بروز می‌دهد، می‌بایست تمهیداتی برای اعمال آن در مدل عددی اندیشیده شود. خوشبختانه، در نرم‌افزار ETABS حالت خاص اتصالات تیر به ستون بصورت تیرهای ممان گیر خاص ۳ تعریف شده است که در این بخش مقاطع کاهش یافته تیر بصورت پارامتری قابل تعریف است. شکل 5 نحوه تعریف اتصالات RBS را در نرم‌افزار ETABS نشان می‌دهد.



شکل 5- نحوه تعریف اتصالات RBS در نرم افزار ETABS

نرم افزار ETABS علاوه بر حالت پارامتری پیش فرض، امکان اختصاص حالت های مختلف هندسه اتصالات RBS را بنا بر تعریف کاربر دارا می باشد که یکی از دلایل انتخاب آن جهت آنالیز نمونه های مورد بررسی در این تحقیق نیز همین می باشد.

5-5- تعریف مفاصل پلاستیک

در Error! Reference source not found. نمای تنظیمات نرم افزار جهت تعریف مفاصل پلاستیک و همچنین نحوه اختصاص آن به اعضای تیری نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می گردد درجه آزادی مرتبط به منظور کنترل وضعیت رفتار سازه ای عضو در این حالت درجه آزادی M3 می باشد که حالت خمشی تیر را در نظر می گیرد. در ادامه مفاصل پلاستیک در محل های مورد نظر در اعضاء تعبیه شده و شرایط مدل جهت انجام آنالیز مهیا می گردد.

6- بارگذاری سازه

الف) بارهای وارده

در مرحله بارگذاری خطی سازه ها از بارهای نوع مرده و زنده و زلزله استفاده شده است. بارهای وارده بر اساس دستورالعمل های موجود و مطابق حالت متعارف در کشور محاسبه و اعمال گردیده است. بر اساس هندسه منظور شده برای سازه های مورد مطالعه بار مرده طبقات معادل 1800 کیلوگرم بر متر و بار زنده آنها معادل 600 کیلوگرم بر متر اعمال شده است.

ب) نحوه اعمال بارها در آنالیزهای غیر خطی

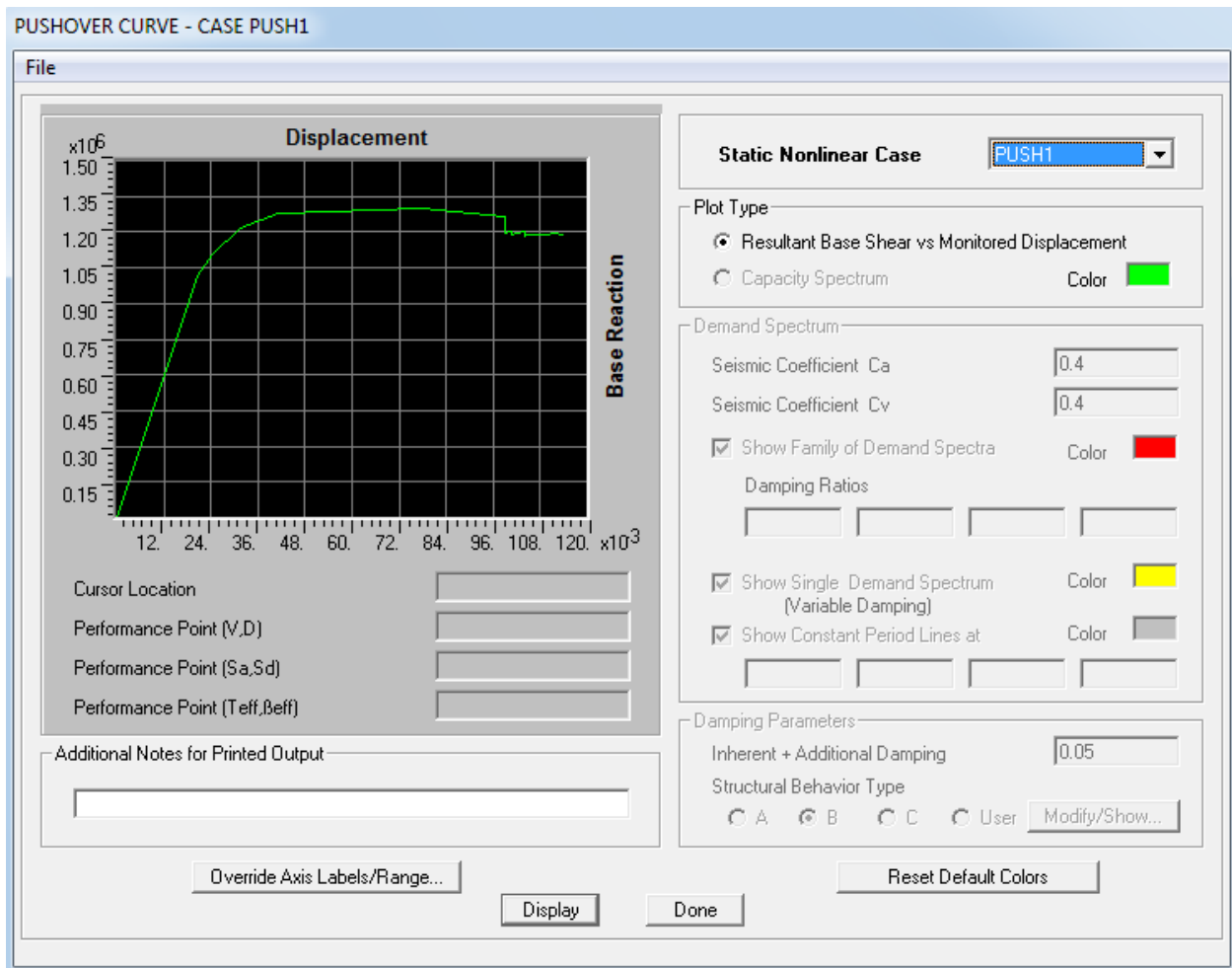
علاوه بر بارهای متعارف خطی مرده و زنده و همچنین بار زلزله که بر سازه اعمال می‌شوند، در آنالیزهای بار افزون انجام شده در این تحقیق از دو مدل بارگذاری غیر خطی بر اساس توصیه‌های آئین نامه FEMA-356 [3] بر طبق فرمول $1.1(D+L)$ و بارگذاری غیر خطی زلزله (Ex) استفاده شده است. در Error! Reference source not found. نحوه تعریف مدل بارگذاری غیر خطی زلزله در فضای نرم‌افزار ETABS نشان داده شده است. بارگذاری از نوع استاتیکی غیر خطی بوده و از حالت بار مودال استفاده می‌شود. بار زلزله Ex با ضریب بار 1 مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین حالت غیر خطی هندسی با در نظر گرفتن اثرات تغییر شکل‌های بزرگ منظور گردیده است. حالت اعمال بار از نوع کنترل جابه جایی است که بارگذاری به حالت افزایشی تا حالت حدی بر روی سازه قاب ادامه می‌یابد.

7- تحلیل مدل‌های سازه

حالت تحلیل مدل‌های سازه ای در این تحقیق، آنالیز دوبعدی غیر خطی بار افزون می‌باشد. پس از ساخت مدل‌های سازه ای آنالیز قاب تحت بارهای وارده انجام شده و نتایج حاصل از آنالیز استخراج گشته است که نتایج حاصله در ادامه ارائه خواهد شد.

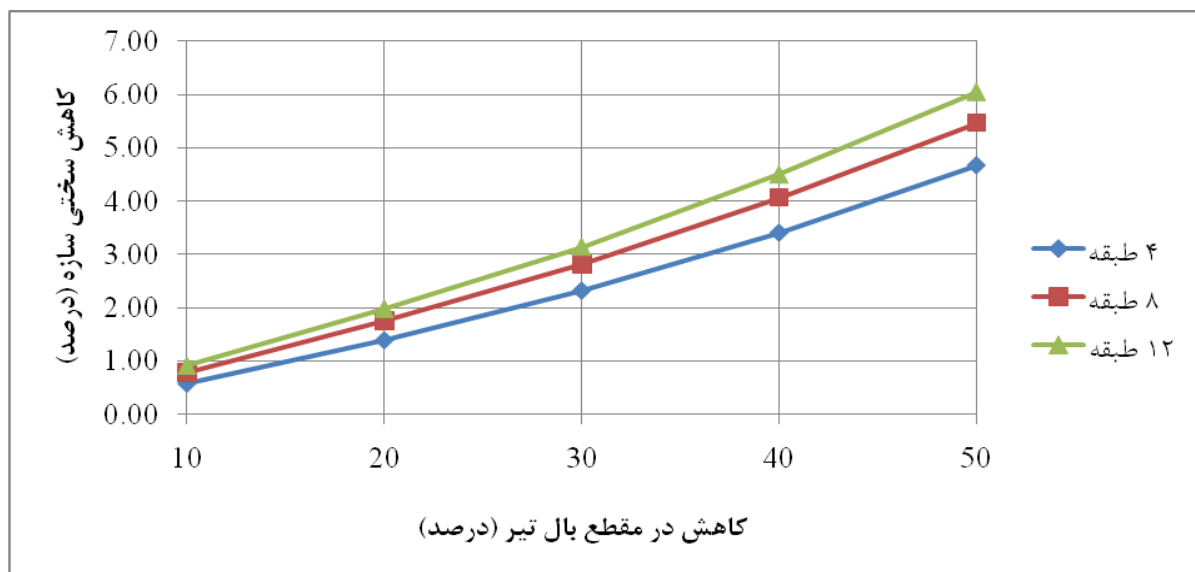
8- استخراج داده‌های حاصل از آنالیز

پس از تحلیل مدل‌های ساخته شده در فضای نرم‌افزار اجزاء محدود ETABS نتایج مربوطه استخراج گشته و به صورت نمودارهای مقایسه ای ارائه گردیده است تا مقایسه رفتار سازه‌ها و تأثیر میزان صلبیت اتصال در رفتار سازه که موضوع تحقیق حاضر است را میسر سازد. نتایج شامل نمودارهای نیروی برشی، لنگر خمشی ماکزیمم، فرکانس طبیعی، پیروید سازه در مودهای اول، تغییر مکان (Drift) طبقات و همچنین منحنی‌های پوش آور سازه است که در شکل‌های بعد نشان داده شده است. نمونه ای از نحوه نمایش منحنی پوش آور سازه در فضای نرم‌افزار ETABS برای تغییر مکان هدف تعیین شده بر اساس دستورالعمل FEMA-356 [2] در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل 6 - منحنی پوش آور قاب مورد مطالعه

9- ما در این تحقیق خروجی آنالیز را در سه قاب 8، 4 و 12 طبقه بررسی و با نمودار نمایش داده ایم که در شکل 7 مشاهده می کنید.



شکل 7 - نمودار سختی - سطح مقطع بال قاب های مورد مطالعه

7- نتیجه گیری

- الف - اتصالات با مقطع کاهش یافته تیر می تواند تا حد قابل توجهی در رفتار قاب های فولادی موثر باشد.
- ب - قاب دارای اتصالات RBS رفتار نرم تری در مقایسه با قاب های معمولی از خود نشان داده است.
- ج - جابجایی حداکثر قاب در حالت اتصالات RBS بیش از حالت متعارف می باشد .
- د- تغییرات سختی قاب و کاهش مقطع تیر تقریباً به صورت خطی است.

8- مراجع

- [1] Ashraf, M., Nethercot, D.A. and Ahmed, B. (2004), Sway of semi-rigid steel frames- Part 1: Regular frames. Elsevier, Engineering Structures, Vol. 26, pp. 1809–1819.
- [2] FEMA-356. (2000), Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings.
- [3] Computers & Structures, Inc., “ETABS – Integrated Building Analysis & Design, User Interface Manual”, Jan 2002.