

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی عمران و معماری

گروه عمران

عنوان پایان نامه ارشد

تاثیر هندسه صفحات روسری و زیرسری بر روی رفتار اتصالات قاب خمشی فولادی

دانشجو: مسعود کیوانلو

اساتید راهنما :

دکتر وحیدرضا کلات جاری

دکتر اردشیر دیلمی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

ماه و سال انتشار :

بهمن ماه - ۱۳۹۱

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

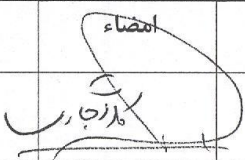
دانشکده مهندسی عمران و معماری


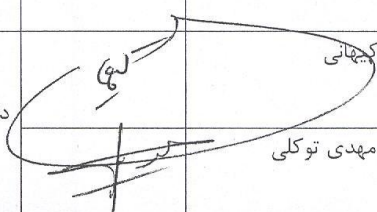
گروه عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای مسعود کیوانلو

تحت عنوان: تاثیر هندسه صفحات روسری و زیرسری بر روی رفتار اتصالات قاب
خمش فولادی

در تاریخ ۹۱/۱۱/۲۴ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد
مورد ارزیابی و با درجه بسیار خوب مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
			دکتر وحیدرضا کلات جاری
			دکتر اردشیر دیلمی

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	دکتر مهدی گلی		دکتر علی کجانی
			دکتر سید مهدی توکلی

تقدیم به

پدر مهربانم

و

مادر صبورم

با سپاس فراوان از اساتید محترم آقایان دکتر وحیدرضا کلات جاری و دکتر اردشیر دیلمی که در

تدوین این پایان نامه کمک شایانی فرمودند.

همچنین از دوست عزیزم آقای دکتر محمد غلامی کمال تشکر را دارم.

تعهد نامه

اینجانب **مسعود کیوانلو** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته عمران (سازه) دانشکده مهندسی عمران و معماری دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه "تاثیر هندسه صفحات روسری و زیرسری بر روی رفتار اتصالات قاب خمشی فولادی"، تحت راهنمایی دکتر وحیدرضا کلات جاری و دکتر اردشیر دیلمی، متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ ۱۳۹۲/۲/۹

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

یکی از رایج ترین سیستم های مقاوم در برابر زلزله، سیستم قاب خمشی مقاوم است. در ایران روش متداول برای ایجاد اتصال خمشی تیر به ستون در قاب های فولادی، استفاده از صفحات روسری و زیر سری می باشد. با توجه به استفاده متداول از ستون قوطی در ایران در این پایان نامه از این نوع ستون استفاده شده است. ابتدا یک مدل عددی توسط نرم افزار ABAQUS تهیه شده و توسط نتایج نمونه آزمایشگاهی تأیید می شود. سپس برای انجام مطالعات پارامتریک بر روی ابعاد ورق های روسری و زیرسری مورد استفاده قرار می گیرد.

نتایج حاصل از تحلیل عددی مدل ها مورد بررسی قرار می گیرند و توجیحات منطقی برای آن بیان خواهد شد که این نتایج بدست آمده به صورت زیر می باشد:

با افزایش طول ورق های روسری و زیرسری، چرخش پلاستیک تیر افزایش می یابد و در نهایت باعث افزایش میزان افت در نمودار هیسترسیس می شود. استفاده از جوش عرضی در انتهای ورق های روسری و زیرسری سبب بهبود عملکرد اتصال می شود. احتمال پارگی در دو انتهای اتصال ورق زیرسری وجود دارد که با سه روش کله گاوی کردن ورق زیرسری، افزایش عرض ورق زیرسری و قرار دادن یک ورق در مرکز چشمه اتصال کاهش می یابد.

کلمات کلیدی: اتصالات خمشی، ورق روسری و زیرسری، قاب خمشی فولادی، رفتار سیکلی

فصل اول: مقدمه و طرح مسأله	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- ضرورت انجام تحقیق در مورد اتصال تیر به ستون قوطی	۵
۳-۱- محتوای پایان نامه	۶
فصل دوم: عملکرد اتصال تیر به ستون در قابهای خمشی	۸
۱-۲- نقش اتصال تیر به ستون در قابهای خمشی فولادی	۹
۲-۲- رفتار شکلپذیر و ترد در اتصالات	۹
۳-۲- اتصال میان ستونهای قوطی شکل و تیر I شکل	۱۵
۱-۳-۲- اتصال ارائه شده در استاندارد ۲۸۰۰ زلزله	۱۶
۲-۳-۲- اتصال ارائه شده در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان- ویرایشهای ۱۳۸۴ و ۱۳۸۷	۱۷
۳-۳-۲- توضیح روشهای قرار دادن دیافراگم داخلی در ستون قوطی	۱۹
فصل سوم: مروری بر تحقیقات انجام شده	۲۲
۱-۳- مقدمه	۲۳
۲-۳- مطالعاتی که در آنها از دیافراگم داخلی استفاده شده است.	۲۴
۱-۲-۳- اتصالات تقویت نشده	۲۴
۲-۲-۳- تقویت اتصال در وجه ستون	۳۴
۳-۲-۳- اتصال با مقطع کاهش یافته (RBS)	۴۳
۳-۳- مطالعاتی که در آنها از دیافراگم داخلی استفاده نشده است	۴۵
۱-۳-۳- اتصال با ورق میانگذر	۴۵

۵۳	۴-۳ جمع بندی
۵۳	۱-۴-۳ رفتار اتصال تیر به ستون قوطی بدون دیافراگم داخلی
۵۳	۱-۴-۳ اتصال بدون تقویت خارجی
۵۳	۲-۱-۴-۳ اتصال با تقویت خارجی
۵۴	۲-۴-۳ رفتار اتصال تیر به ستون قوطی دارای دیافراگم داخلی
۵۵	۱-۲-۴-۳ اتصال مستقیم
۵۵	۲-۲-۴-۳ اتصال تقویت شده
۵۶	فصل چهارم: مدل سازی نمونه ها
۵۷	۱-۴ مقدمه
۵۷	۲-۴ هندسه مدل
۵۸	۳-۴ المان های مورد استفاده در مدلسازی
۶۳	۴-۴ مش بندی
۶۵	۵-۴ شرایط مرزی مدل ها
۶۶	۶-۴ بارگذاری
۶۸	۷-۴ رفتار مصالح
۶۹	فصل پنجم: مدل های گسیختگی نرم
۷۰	۱-۵ مقدمه
۷۰	۲-۵ مدل رشد حفره (VGM)
۷۲	۳-۵ مدل SMCS
۷۳	۴-۵ نحوه تعیین چقرمگی شکست α براساس نتایج آزمایشگاهی و عددی

۷۴	.....مدل CVGM ۵-۵
۷۶	..... فصل ششم: بررسی هندسه ورقهای روسری و زیرسری و نحوه اتصال آنها به بالهای تیر
۷۷	..... ۱-۶- مقدمه
۷۸	..... ۲-۶- طراحی مدل
۷۸	..... ۱-۲-۶- بررسی ضوابط لرزه‌ای ابعاد تیر و ستون مدل
۸۱	..... ۲-۲-۶- طراحی اتصال مدل
۸۶	..... ۳-۶- مطالعه عددی
۸۶	..... ۱-۳-۶- مقایسه رفتار هیستریزیس مدل عددی با نمونه آزمایشگاهی
۸۸	..... ۲-۳-۶- بررسی اثر هندسه جوش گوشه متصل کننده ورق زیرسری به بال تیر بر عملکرد اتصال
۹۰	..... ۳-۳-۶- بررسی اثر طول ورقهای روسری و زیرسری
۹۴	..... ۴-۳-۶- بررسی اثر نوع ستون (قوسی شکل و H شکل) در اتصال با ورق روسری و زیرسری
۹۹	..... ۵-۳-۶- بررسی احتمال گسیختگی در دو گوشه انتهایی ورق زیرسری
۱۰۰	..... ۱-۵-۳-۶- بررسی رفتار اتصال در صورت وجود ورق در مرکز چشمه اتصال
۱۰۳	..... ۲-۲-۳-۶- بررسی رفتار اتصال در صورت افزایش عرض ورق زیرسری
۱۰۶	..... ۳-۵-۳-۶- بررسی رفتار اتصال در صورت ایجاد انحناء در گوشه ورق زیرسری
	..... ۶-۳-۶- بررسی روش های طراحی ارایه شده در Fema350 و Fema267 برای تعیین ضخامت ورق های
۱۰۹	..... روسری و زیرسری
۱۱۳	..... ۷-۳-۶- بررسی رفتار اتصال در صورت عدم وجود ورق برشگیر
۱۱۶	..... فصل هفتم: طراحی اتصال با ورقهای روسری و زیرسری
۱۱۷	..... ۱-۷- مقدمه

۱۲۲.....	فصل هشتم: نتیجه گیری
۱۲۴	پیشنهادات
۱۲۵.....	پیوست الف: معرفی شاخص های خسارت
۱۲۷.....	مراجع

- شکل ۱-۲- اتصال بدون تقویت تیر به ستون ۱۰
- شکل ۲-۲- تنش برشی - تنش در راستای طولی بال تیر ۱۱
- شکل ۳-۲- نمودار تنش- کرنش برای المانهای دور (B) و نزدیک (A) محل اتصال ۱۲
- شکل ۴-۲- انتقال محل ایجاد تنش ماکزیمم از نقطه A به نقطه B ۱۳
- شکل ۵-۲- نمونه های از برش های مختلف در اتصال با مقطع کاهش یافته ۱۵
- شکل ۶-۲- پارامترهای برش شعاعی FEMA 350 ۱۵
- شکل ۷-۲- جزئیات اتصال میان ستون‌های قوطی شکل و تیر I شکل در استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ویرایشهای دوم و سوم ۱۷
- شکل ۸-۲- معرفی نحوه اتصال تیر به ستون قوطی در مبحث ۱۰ ۱۸
- شکل ۹-۲- مراحل اجرایی ساخت ستونهای قوطی شکل ۲۰
- شکل ۱۰-۲- معرفی روش اتصال ورق پیوستگی به ستون با Electroslag welding ۲۱
- شکل ۱-۳- تغییر شکل‌های بیرون صفحه‌ای در بال ستون قوطی بدون دیافراگم داخلی ۲۴
- شکل ۲-۳- تغییرات تنش برای نمونه آزمایشگاهی الف) جان تیر ب) بال ستون ج) سخت کننده داخلی د) بال تیر ۲۵
- شکل ۳-۳- جزئیات اتصال برای دو نمونه EC01 و EC02 ۲۷
- شکل ۴-۳- گسیختگی بال بالایی تیر نمونه EC01 در زاویه دررفت ۱٪ رادیان ۲۸
- شکل ۵-۳- نمودار لنگر در لبه ستون بر حسب دررفت ۲۹
- شکل ۶-۳- توزیع تنشهای طولی نرمال شده در ۵٪ زاویه دررفت طبقه در عرض بال تیر ۳۰
- شکل ۷-۳- توزیع اندیس PEEQ در ۴٪ زاویه دررفت طبقه در عرض بال تیر ۳۲
- شکل ۸-۳- اتصال تیر به ستون قوطی با روش جوش الکترواسلگ ۳۳
- شکل ۹-۳- شکست ترد در نمونه تقویت نشده ۳۴
- شکل ۱۰-۳- نمودار هیستریزس نمونه تقویت نشده ۳۴

- شکل ۳-۱۱- نمونه تقویت شده که در آن ورق لچکی (rib Plate) در محل خط مرکزی تیر قرار گرفته است ۳۶
- شکل ۳-۱۲- کمانش موضعی جان و بال تیر نمونه BR115SB ۳۷
- شکل ۳-۱۳- کمانش موضعی جان و بال تیر نمونه BR105SB ۳۷
- شکل ۳-۱۴- نمودار هیستریزیس نمونه‌های BR115SB و BR105SB ۳۸
- شکل ۳-۱۵- ترک در جوش CJP نمونه BR115SB-FW ۳۸
- شکل ۳-۱۶- نمودار هیستریزیس نمونه BR115SB-FW ۳۹
- شکل ۳-۱۷- ترک در جوش CJP نمونه BR115C-CB ۳۹
- شکل ۳-۱۸- شکست بال تیر نمونه BR1120CB-WP ۴۱
- شکل ۳-۱۹- نمودار هیستریزیس نمونه BR1120CB-WP ۴۱
- شکل ۳-۲۰- مشخصات نمونه‌های آزمایشگاهی الف (W10-L1A ب) W10-L2A ج) W08-L1A ۴۲
- شکل ۳-۲۱- نمونه W10-L1A در انتهای دریفت ۴٪ ۴۲
- شکل ۳-۲۲- رفتار هیستریزیس نمونه‌های آزمایشگاهی الف (W10-L1A ب) W10-L2A ج) W08-L1A ۴۳
- شکل ۳-۲۳- مشخصات اتصال تیر با مقطع کاهش یافته به ستون قوطی ۴۴
- شکل ۳-۲۴- نمودار هیستریزیس نمونه B-DB700-SW ۴۵
- شکل ۳-۲۵- الف) نمای کلی اتصال (ب) روش ساخت ستون با اتصال ورق میانگذر (ج) اتصال ورق میانگذر در حالت دوطرفه ۴۶
- شکل ۳-۲۶- مکانیزم انتقال نیروها در اتصال تیر به ستون قوطی با ورق میانگذر ۴۷
- شکل ۳-۲۷- جزئیات اتصال تیر به ستون قوطی با ورق میانگذر ۴۸
- شکل ۳-۲۸- وضعیت نمونه دوم در انتهای آزمایش ۴۸
- شکل ۳-۲۹- منحنی نیرو - زوایه تغییر مکان نسبی کل . الف) نمونه اول، ب) نمونه دوم ۴۹
- شکل ۳-۳۰- منحنی لنگر - چرخش نسبی تیر به ستون الف) نمونه اول، ب) نمونه دوم ۴۹
- شکل ۳-۳۱- میزان تسلیم شدگی در اتصال با سخت کننده T شکل ۵۰
- شکل ۳-۳۲- مدل عددی اتصال T شکل به بال تیر از طریق الف) جوش نفوذی کامل، ب) جوش گوشه ۵۱

۵۲	شکل ۳-۳۳- مکان محتمل برای ایجاد ترک در اتصال با سخت‌کننده T شکل
۵۳	شکل ۳-۳۴- نمونه آزمایشگاهی اتصال تیر به ستون قوطی با سخت‌کننده T شکل
۵۸	شکل ۴-۱- هندسه پاره سازه اتصال یک طرفه در مدل سازی نمونه ها
۵۹	شکل ۴-۲- انواع المان های مورد استفاده در ABAQUS
۶۰	شکل ۴-۳- المان های C3D با درون یابی مرتبه اول و دوم
۶۱	شکل ۴-۴- تعداد نقاط گوس در المان چهار وجهی مسطحه
۶۴	شکل ۴-۵- اشکال سه بعدی که می توان مش Structure استفاده کرد
۶۴	شکل ۴-۶- نوع المان در تکنیک مش بندی Structure
۶۵	شکل ۴-۷- مدل مش بندی شده نمونه با تکنیک Structure
۶۸	شکل ۴-۸- تاریخچه بارگذاری سیکلیک
۷۰	شکل ۵-۱- اسکن میکروگراف فولاد نرمه در سطح شکست
۷۳	شکل ۵-۲ مفهوم روش SMCS
۷۴	شکل ۵-۳ شکل شماتیک نمونه CNT
۷۷	شکل ۶-۱- شکل کلی اتصال با ورق روسری و زیرسری
۷۸	شکل ۶-۲- شکل کلی مدل ها
۷۹	شکل ۶-۳- ابعاد تیر و ستون مدلهای
۸۲	شکل ۶-۴- دیاگرام لنگر تیر
۸۵	شکل ۶-۵- ابعاد ورق های روسری و زیرسری برای مدل LF50
۸۷	شکل ۶-۶- مقایسه نتایج عددی و آزمایشگاهی نمونه LF50
۸۸	شکل ۶-۷- جزئیات اتصال در نمونه LF50
۸۹	شکل ۶-۸- جوش عرضی و جوش طولی ورق زیرسری مدل های الف (LF50-T و ب) LF50
۹۰	شکل ۶-۹- کرنش پلاستیک معادل در محل ورق زیر سری در مدل های الف (LF50-T و ب) LF50

شکل ۶-۱۰- مقایسه رفتار هیستریزیس دو مدل LF30-T و LF50-T	۹۱
شکل ۶-۱۱- کرنش پلاستیک معادل در مدل‌های الف) LF50-T و ب) LF30-T	۹۱
شکل ۶-۱۲- جابجایی شماتیک انتهای تیر در دو مدل LF30-T (A) و LF50-T (B)	۹۴
شکل ۶-۱۳- الف) مدل اجزای محدود LF30-T ب) کانتور تنش اصلی ماکزیمم در دررفت ۲ درصد در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری	۹۶
شکل ۶-۱۴- الف) مدل اجزای محدود LF30-T-H ب) کانتور تنش اصلی ماکزیمم در دررفت ۲ درصد در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری	۹۷
شکل ۶-۱۵- توزیع تنش اصلی ماکزیمم در دررفت ۲ درصد در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری برای مدل‌های LF30-T و LF30-T-H	۹۸
شکل ۶-۱۶- توزیع اندیس گسیختگی در ورق تحتانی در محل اتصال به ستون در عرض ورق زیرسری برای مدل‌های LF30-T و LF30-T-H	۹۸
شکل ۶-۱۷- توزیع کرنش پلاستیک در ورق تحتانی در محل اتصال به ستون در عرض ورق زیرسری برای مدل‌های LF30-T و LF30-T-H	۹۹
شکل ۶-۱۸- اتصال ورق زیرسری به ورق پیوستگی در ستون قوطی	۱۰۰
شکل ۶-۱۹- الف) مدل اجزای محدود LF30-T-Plate ب) کانتور تنش اصلی ماکزیمم در دررفت ۲ درصد در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری	۱۰۱
شکل ۶-۲۰- توزیع تنش اصلی ماکزیمم در دررفت ۲ درصد در عرض ورق زیرسری برای مدل‌های LF30-T و LF30-T-Plate	۱۰۲
شکل ۶-۲۱- مقادیر اندیس گسیختگی در ورق تحتانی در محل اتصال به ستون در عرض ورق زیرسری برای مدل‌های LF30-T و LF30-T-Plate	۱۰۳
شکل ۶-۲۲- الف) مدل اجزای محدود LF30-T-Wide ب) کانتور تنش اصلی ماکزیمم در دررفت ۲ درصد در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری	۱۰۴
شکل ۶-۲۳- توزیع تنش اصلی ماکزیمم در دررفت ۲ درصد در عرض ورق زیرسری برای مدل‌های LF30-T و LF30-T-Wide	۱۰۵

شکل ۶-۲۴- مقادیر اندیس گسیختگی در ورق تحتانی در محل اتصال به ستون در عرض ورق زیرسری برای مدل های	
LF30-T و LF30-T- Wide	۱۰۶.....
شکل ۶-۲۵- الف) مدل اجزای محدود LF30-T-Curve ب) کانتور تنش اصلی ماکزیمم در دریفت ۲ درصد در محل جوش ورق	
زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری	۱۰۷.....
شکل ۶-۲۶- توزیع تنش اصلی ماکزیمم در دریفت ۲ درصد در عرض ورق زیرسری برای مدل های LF30-T-Curve و	
LF30-T-Wide	۱۰۸.....
شکل ۶-۲۷- مقادیر اندیس گسیختگی در ورق تحتانی در محل اتصال به ستون در عرض ورق زیرسری برای مدل های	
LF30-T-Wide و LF30-T-Curve	۱۰۸.....
شکل ۶-۲۸- الف) مدل اجزای محدود LF30-T-Fema350 ب) کانتور تنش اصلی ماکزیمم در دریفت ۲ درصد در محل جوش	
ورق زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری	۱۱۱.....
شکل ۶-۲۹- توزیع تنش اصلی ماکزیمم در ورق زیرسری در دریفت ۲ درصد در عرض ورق زیرسری برای مدل های	
LF30-T و LF30-T-Fema 350	۱۱۲.....
شکل ۶-۳۰- مقادیر اندیس گسیختگی در ورق زیرسری در محل اتصال به ستون در عرض ورق زیرسری در مدل های	
LF30-T و LF30-T-Fema 350	۱۱۲.....
شکل ۶-۳۱- الف) مدل اجزای محدود LF30-T-No Shear Tab ب) کانتور تنش اصلی ماکزیمم در دریفت ۲ درصد در محل	
جوش ورق زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری	۱۱۴.....
شکل ۶-۳۲- توزیع تنش اصلی ماکزیمم در دریفت ۲ درصد در عرض ورق زیرسری برای مدل های LF30-T و No Shear	
LF30-T-Tab	۱۱۵.....
شکل ۶-۳۳- مقادیر اندیس گسیختگی در ورق تحتانی در محل اتصال به ستون در عرض ورق زیرسری برای مدل های LF30-T	
و LF30-T-No Shear Tab	۱۱۵.....
شکل ۷-۱- لنگرهای خمشی در الف) ستونهای بالا و پایین گره اتصال ب) تیرهای چپ و راست گره اتصال	۱۲۰.....

جدول ۱-۳- مشخصات نمونه آزمایشگاهی	۲۵
جدول ۲-۳- ابعاد نمونه ها.....	۲۸
جدول ۳-۳- خصوصیات پنج نمونه آزمایشگاهی تقویت شده با لچکی	۳۵
جدول ۱-۴- مشخصات مصالح اجزای نمونه‌های آزمایشگاهی	۶۸
جدول ۱-۶- مشخصات مقطع تیر	۷۹
جدول ۲-۶- مشخصات مقطع ستون	۸۰
جدول ۳-۶- کنترل نسبت عرض به ضخامت لرزه‌ای بال و جان مقطع تیر و تعیین حداکثر فاصله مهار جانبی	۸۰
جدول ۴-۶- کنترل نسبت عرض به ضخامت لرزه‌ای بال و جان مقطع ستون	۸۰
جدول ۵-۶- کنترل نسبت مقاومت ستون به تیر	۸۱
جدول ۶-۶- محاسبه طول جوش گوشه متصل کننده ورق زیرسری به بال تیر	۸۴
جدول ۷-۶- چشمه اتصال مدل LF50	۸۶

فصل اول

مقدمه و طرح مسأله

۱-۱- مقدمه

ایران کشوری زلزله خیز می باشد و ایجاد سازه های مقاوم در برابر زلزله اهمیت فراوانی دارد. با توجه به فراوانی استفاده از سازه های فولادی در ایران باید نسبت به توسعه سازه های فولادی مقاوم در مقابل زلزله و اصلاح اشکالات موجود توجه خاصی مبذول نمود.

فولاد به دلیل مقاومت بالا در تحمل کشش و فشار و همچنین خاصیت شکل پذیری و رفتار مشابه در کشش و فشار به طور وسیعی در سازه های رایج مورد استفاده قرار می گیرد و به همین دلیل تا کنون مطالعات وسیعی در مورد رفتار این گونه سازه ها صورت گرفته است.

زلزله نورثریج به دلیل تحولاتی که در روند طراحی اتصالات گیردار جوشی در سازه های فولادی ایجاد کرد، نقطه عطفی در تاریخ اتصالات سازه های فولادی محسوب می شود. طراحی اتصالات ممان گیر فولادی که مطابق آئین نامه های رایج سازه های فولادی طرح شده بود با مشاهده گسیختگی ترد و شکننده در این نوع اتصالات در زلزله ۱۹۹۴ نورثریج مستلزم بازبینی مجدد شد. به طور کلی می توان گفت که طراحی اتصالات از زمان وقوع این زلزله به دو دسته تقسیم شد.

اتصالات Pre - Northridge

اتصالات Post - Northridge

از اوایل سال ۱۹۶۰ میلادی مهندسين شروع به استفاده از ساختمان های فلزی قاب خمشی جوشی کردند که در آیین نامه ها به عنوان شکل پذیرترین سیستم سازه ای مطرح می شد. اتصالات در سازه های قاب خمشی نقش عضو باربر جانبی نیروی زلزله را ایفا می کند. پیش از زلزله ۱۹۹۴ نورثریج مهندسين بر این باور بودند که اتصالات خمشی متعارف بکاربرده شده در سازه های فلزی قاب خمشی دارای این قابلیت هستند که دوران پلاستیک بزرگی تا میزان

0.02rad و یا بیشتر را تحمل کنند، بدون اینکه کاهش چشم گیری در میزان مقاومت آنها حاصل شود. حتی بسیاری از آنها تصور می کردند که ساختمان های فلزی قاب خمشی در برابر زلزله آسیب ناپذیر هستند و احیاناً در صورت وجود آسیب و خرابی، این خرابی تنها محدود به جاری شدن اعضا و اتصالات (که شکل پذیر فرض می شدند) می شود. با این باور، تعداد زیادی از سازه های صنعتی، تجاری و آموزشی به خصوص در غرب آمریکا با استفاده از این سیستم باربر لرزه ای جانبی طراحی و ساخته شدند. زلزله ای که در ۱۷ ژانویه سال ۱۹۹۴ در آمریکا رخ داد، این باور مهندسين را به چالش واداشت. چنانکه گزارش ها، گستردگی آسیب دیدگی های اتصالات ساختمان های فولادی پس از زلزله ی نورتریج به وضوح وجود نقایص اساسی را در طراحی و شیوه های ساخت قاب های خمشی فولادی به اثبات رسید. و برای مهندسين آشکار شد که اتصالات قاب خمشی فولادی به آن اندازه ای که تصور می شد شکل پذیر نیستند. اتصالات فاقد شکل پذیری کافی بودند، به عبارت دیگر قادر به فراهم آوردن ظرفیت چرخش پلاستیک کافی نبودند و لذا دچار گسیختگی ترد شدند. ساختمان های آسیب دیده، دامنه بسیار وسیعی از یک طبقه تا ۲۶ طبقه و ساختمان های با عمر حدود ۳۰ سال تا سازه های در حال ساخت را شامل می شد. این ساختمان های آسیب دیده در ناحیه جغرافیایی وسیعی پخش شده بودند و حتی شامل مناطقی که سطح زلزله متوسطی را تجربه کرده بودند نیز می شد. مشاهدات عینی نشان داد که تعداد زیادی از این خرابی ها در سازه های مختلف، مشابه هستند. به همین علت تحقیقاتی در مورد آسیب های احتمالی به ساختمان ها در زلزله های پیش از زلزله نورتریج صورت گرفت و خرابی های مشابه ای در ساختمان های با قاب خمشی تحت زلزله های سال ۱۹۹۲ الاندرز و سال ۱۹۸۹ لوماپریتا مشاهده گردید. البته ساختمان های قاب خمشی فولادی آسیب دیده در زلزله نورتریج هدف اصلی آیین نامه های طراحی را برآورده کرده بودند. اما آنگونه

که پیش بینی می شد رفتار نکرده بودند و ضررهای اقتصادی زیادی ناشی از خرابی اتصالات بوجود آمده بود. این در حالی بود که خیلی از این ساختمان ها زلزله ای کمتر از زلزله طرح را تجربه کرده بودند. این ضررهای اقتصادی شامل هزینه های مستقیم مربوط به بررسی و تعمیر خرابی ها و هزینه های غیر مستقیم شامل از دست دادن موقت یا طولانی مدت فضاهای ساختمانی آسیب دیده بود.

بررسی های تحلیلی و آزمایشگاهی بسیاری در آن زمان بر روی این اتصالات صورت گرفته است و عوامل متعددی که در شکست ترد این اتصالات نقش داشته است مورد بررسی قرار گرفته است که می توان آنها را به ۶ دسته زیر تقسیم کرد :

- مشخصات فیزیکی و مکانیکی فولاد مصرفی
 - مشخصات فیزیکی و مکانیکی الکتروود مصرفی در جوش
 - جزئیات اجرای اتصال از جمله Access Hole , Backing Bar
 - مشخصات هندسی تیروستون
 - مشخصات هندسی جوش مورد استفاده در اتصال
 - اثر تسلیم چشمه اتصال (Panel Zone) بر رفتار اتصال
- مشاهده آسیب های بوجود آمده در زلزله نورتریج مشخص می سازد که در بسیاری از موارد، شکست های ترد اتصالات در محدوده های پایین خمیری بوده اند و در بعضی موارد در حالی اتفاق افتاده اند که ساختمان هنوز در حد الاستیک بوده است. در اکثر موارد ولی نه در همه آنها شکست از درون و یا نزدیکی جوش نفوذی کامل، بین بالا پایینی تیروبال ستون شروع شده است. این شکست ها پس از شروع بسته به شرایط اتصال، قابلیت پیشرفت در مسیرهای مختلفی را دارا می باشند. علت بوجود آمدن این ترک ها و روش های دور کردن لنگر ماکزیمم از این

ناحیه در فصل دوم تشریح خواهد شد.

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق در مورد اتصال تیر به ستون قوطی

با تحقیقات و آزمایشات وسیع انجام شده بخصوص بعد از زلزله نورثریج، اتصالات گوناگون با اشکال و عملکرد مختلف پدید آمدند. در این ارتباط، این نکته باید مدنظر قرار گیرد که تقریباً کلیه اتصالات و جزئیات ایجاد شده در سایر کشورها، علاوه بر تأمین تقاضای سازه‌ای، به پارامترهایی چون نوع صنعت فولاد، روش ساخت رایج، هزینه‌های ساخت و ساز، نسبت هزینه نیروی انسانی به کل هزینه‌های ساخت و نظام آئین‌نامه‌ای مستقر در این کشورها وابستگی دارند. یکی از مسائلی که در طراحی اتصالات قاب خمشی فولادی باید به آن توجه نمود، جلوگیری از تشکیل مفصل پلاستیک در ناحیه اتصال و هدایت آن به سمت دهانه تیر می باشد.

در ایران روش متداول برای ایجاد اتصال خمشی تیر به ستون، استفاده از صفحات روسری و زیر سری می باشد. ورق‌های روسری و زیرسری محل تشکیل مفصل پلاستیک را از مرز ستون به دهانه تیر منتقل می‌کند و باعث می‌شود تمرکز تنش در محل اتصال تیر به ستون تا حد امکان کاهش یابد (همانطور که بیان شد ضعف اتصالات قبل از زلزله نورثریج، محل اتصال بال تیر به بال ستون می‌باشد). تحقیقات و آزمایش‌های گسترده‌ای بر روی بسیاری از عوامل فهرست شده در بخش ۱-۱ انجام شده است ولی مطالعات اندکی بر روی تاثیر مشخصات هندسی اجزای اتصال بر رفتار اتصالات صورت پذیرفته است. هدف این تحقیق بررسی اثر مشخصات هندسی ورق‌های روسری و زیر سری بر روی رفتار اتصال می باشد. در مطالعات عمومی به بررسی‌های انجام شده در مورد سایر مقاطع ستون تا حد لازم توجه شده است. ولی برای اتصال تیر به ستون قوطی توسط ورق‌های روسری و زیرسری، تا حد اطلاع روش رایج شده در استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث دهم مقررات ملی، از پشتوانه فنی کافی برخوردار نیستند. بنابراین بررسی عملکرد

اینگونه اتصالات و ارائه دستورالعمل‌های مناسب جهت طراحی و جزئیات‌بندی آن ضروری بنظر می‌رسد.

سوالی که مطرح می‌شود این است که اختلاف در هندسه ورق‌های روسری و زیر سری چه تاثیری بر رفتار اتصال دارد؟

۱-۳- محتوای پایان نامه

در این پایان‌نامه با توجه به ضروریات مطرح شده در بخش قبل، تاثیر هندسه ورق‌های روسری و زیرسری بر روی عملکرد اتصال تیر به ستون قوطی بررسی شده است. بدین منظور مطالب زیر در فصول مختلف پایان‌نامه، آورده شده است.

در فصل دوم، علت بوجود آمدن شکست ترد در اتصال و راهکارهای کلی برای جلوگیری از ایجاد آن در محل اتصال توضیح داده شده است. همچنین در این فصل روش‌های قرار دادن دیافراگم داخلی در ستون قوطی بیان شده است.

در فصل سوم، مروری بر تحقیقات انجام شده توسط سایر محققین شرح داده شده است.

در فصل چهارم، نحوه تحلیل عددی بیان شده است. در این فصل به نحوه مدلسازی و انواع المان‌ها با استفاده از نرم افزار اجزای محدود آباکوس و همچنین به نحوه بارگذاری پرداخته شده است. به منظور تایید مدل‌های عددی، از نتایج آزمایشات صورت گرفته در دانشگاه صنعتی امیرکبیر استفاده شده است که در همین فصل به آن اشاره خواهد شد.

در فصل پنجم، مدل‌های گسیختگی توضیح داده شده است.

در فصل ششم، بعد از تایید مدل عددی توسط نتایج آزمایشگاهی مدل عددی تایید شده برای انجام مطالعات پارامتریک بر روی ابعاد ورق‌های روسری و زیرسری مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ابتدا به مقایسه اتصال تیر به ستون قوطی و H پرداخته خواهد شد و در ادامه با

مشاهده نقاط ضعف اتصالات با ستون قوطی، راهکارهایی برای بهبود اینگونه اتصالات بیان خواهد شد.

در فصل هفتم، روش طراحی برای اتصال با ورق روسری و زیرسری شرح داده می شود. در فصل هشتم، خلاصه نتایج و پیشنهادات ارائه شده است.

فصل دوم

عملکرد اتصال تیر به ستون در قاب‌های خمشی

۲-۱- نقش اتصال تیر به ستون در قاب‌های خمشی فولادی

یکی از رایج ترین سیستم های مقاوم زلزله، سیستم قاب خمشی مقاوم است که در این سیستم وظیفه جذب نیروی زلزله بر عهده سختی ستون ها و تیرهای تشکیل دهنده قاب های ساختمانی است. قاب های خمشی فولادی به سبب دارا بودن خصوصیات مختلف مانند، انطباق مناسب با معماری، شکل پذیری مناسب و درجه نامعینی بالا همواره بعنوان یک گزینه سازه ای مناسب مطرح می باشند.

سختی قاب های خمشی فولادی، تابعی از سختی تیرها و ستون های قاب و همچنین سختی اتصال میان تیرها و ستون ها می باشد. با تغییر شکل جانبی قاب، این زمینه وجود دارد که زاویه میان تیر و ستون تغییر یابد. اما سختی اتصال مانع ایجاد تغییر زاویه شده و موجب ایجاد لنگر و برش در تیرها و ستون های سازه می شود.

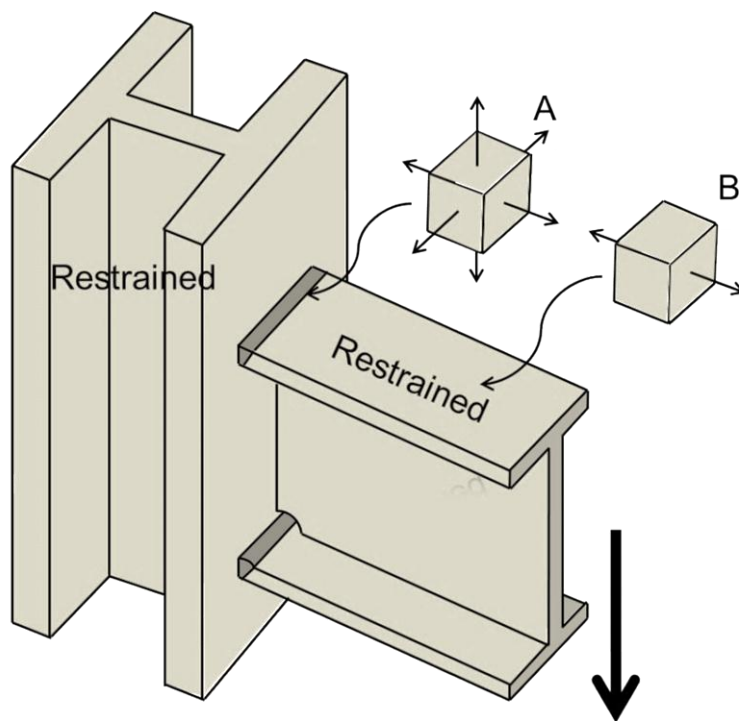
شکل پذیری قاب های خمشی فولادی معمولاً ناشی از تشکیل مفصل پلاستیک خمشی در انتهای تیرهای سازه می باشد. اجتناب از ایجاد مفصل پلاستیک در ستون ها عمدتاً به دلیل جلوگیری از ایجاد طبقه نرم در سازه و حفظ پایداری کلی ساختمان می باشد. به منظور هدایت روند تشکیل مفصل پلاستیک در تیر و مصون داشتن ستون از تغییر شکل های پلاستیک، محدوده اتصال باید از سختی و مقاومت مناسبی برخوردار باشد.

با توجه به مطالب بالا، عملکرد اتصال تیر به ستون در قاب های خمشی فولادی، نقشی اصلی و اساسی در رفتار لرزه ای قاب خواهد داشت.

۲-۲- رفتار شکل پذیر و ترد در اتصالات [۱]

یکی از منابع ایجاد شکل پذیری در قاب ها، تشکیل مفصل پلاستیک در تیر می باشد. برای ایجاد مفصل پلاستیک در تیر، باید رفتار تیر در محل ایجاد ماکزیمم تنش، دارای شکل پذیری

باشد. بنابراین ابتدا به بررسی رفتار شکل پذیر و ترد در نواحی مختلف تیر پرداخته می شود. اتصال بدون تقویت تیر به ستون در شکل ۱-۲ نشان داده شده است. در این شکل دو المان (المان A , B) مشخص شده است. المان A در محل جوش متصل کننده بال تیر به بال ستون قرار دارد در نتیجه جابجایی این نقطه در راستای عرض بال تیر ($\varepsilon_1 = 0$) و ضخامت بال تیر ($\varepsilon_2 = 0$) مقید است. با توجه به روابط الاستیسیته، در نقطه A در راستای عرض بال تیر و ضخامت بال تیر تنش ایجاد می شود (در این نقطه تنش سه محوره ایجاد می گردد).

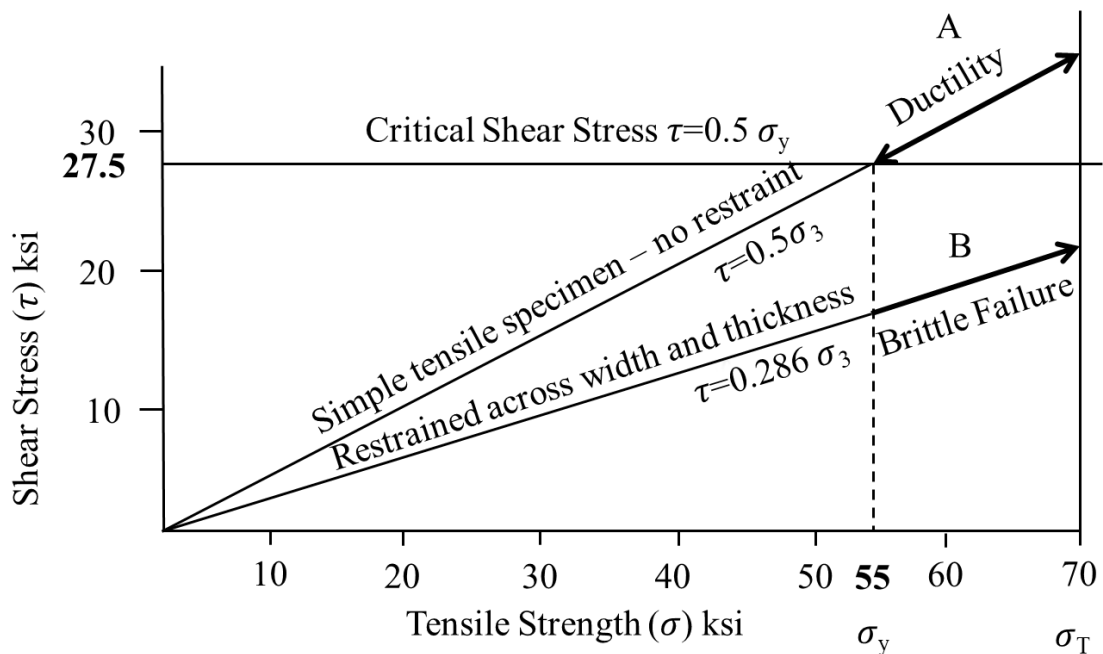


شکل ۱-۲- اتصال بدون تقویت تیر به ستون [۱]

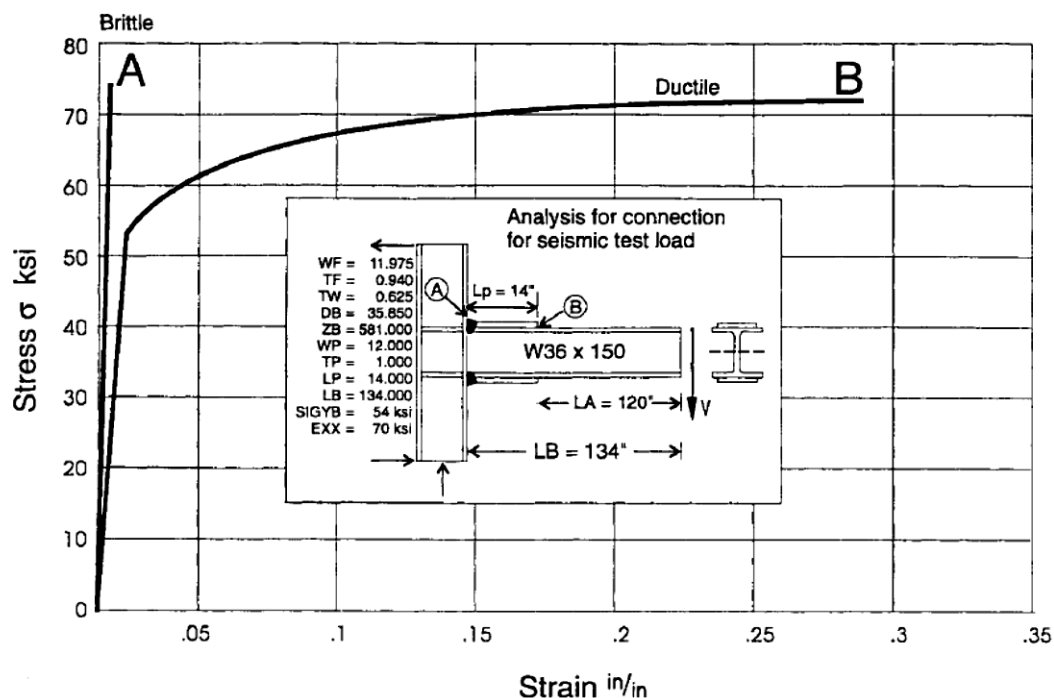
المان B روی بال تیر و دور از محل اتصال قرار دارد. در نتیجه هیچ قیدی در برابر جابجایی این نقطه در راستای عرض بال تیر و ضخامت بال تیر وجود ندارد. در نتیجه المان موجود در این نقطه، فقط تحت تنش تک محوری در راستای طولی بال تیر قرار می گیرد.

نمودار مربوط به تنش برشی (τ) - تنش در راستای طولی بال تیر (σ) برای المان های A و B

در شکل (۲-۲) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، المان تحت تنش تک محوری (المان B) رفتار شکل پذیری از خود نشان می‌دهد. زیرا مقدار تنش برشی موجود در این المان، در حالت تنش نهائی (σ_T) از تنش برشی بحرانی ($\tau = \frac{1}{2}\sigma_y$) بیشتر است. اما در مورد المان تحت تنش سه محوری (المان A) رفتار ترد مشاهده می‌شود. زیرا مقدار تنش برشی موجود در این المان، در حالت تنش نهائی از مقدار تنش بحرانی کمتر می‌باشد. در ضمن برای مشاهده بهتر رفتار شکل پذیر یا ترد این دو المان، نمودار تنش- کرنش این دو المان در شکل (۲-۳) نشان داده شده است.



شکل ۲-۲- تنش برشی - تنش در راستای طولی بال تیر [۱]



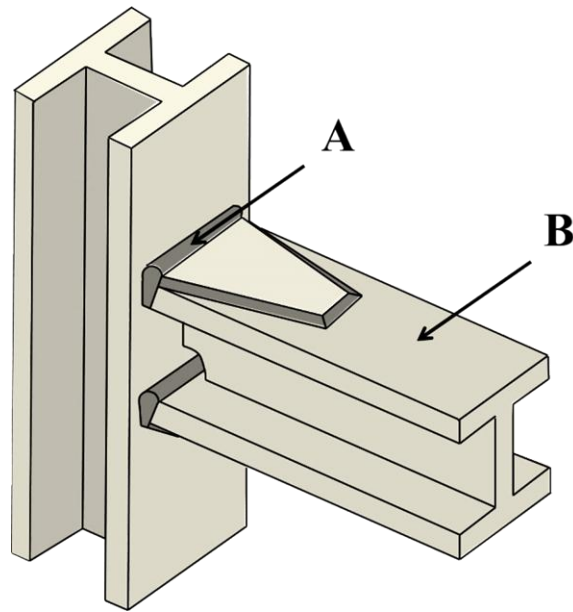
شکل ۲-۳- نمودار تنش- کرنش برای المان‌های دور (B) و نزدیک (A) محل اتصال [۱]

با توجه به مطالب بالا مشخص است که فولاد در نزدیکی محل اتصال دارای رفتار ترد می‌باشد ولی با دور شدن از محل اتصال، رفتار فولاد شکل‌پذیر می‌شود از طرفی لنگر ماکزیمم تحت اثر نیروی زلزله در محل اتصال تشکیل می‌شود. بنابراین برای اتصال تقویت نشده تیر به ستون، ماکزیمم تنش در محل اتصال ایجاد می‌شود که به علت رفتار ترد فولاد در این منطقه، ممکن است گسیختگی ترد در اتصال تقویت نشده تیر به ستون ایجاد شود. بنابراین باید محل ایجاد ماکزیمم تنش را از محل اتصال دور کرد. این کار از دو طریق انجام می‌شود: ۱- تقویت تیر در محل اتصال ۲- کاهش مقطع تیر در فاصله مناسبی از محل اتصال (تضعیف تیر در فاصله مناسبی از محل اتصال)

الف- تقویت تیر در محل اتصال:

برای تقویت تیر در محل اتصال از روش‌های مختلفی مانند ورق پوششی، لچکی و ...

استفاده می‌شود. با این کار محل ایجاد تنش ماکزیمم به فاصله مناسبی دور از محل اتصال منتقل می‌گردد و بعلت شکل پذیر بودن رفتار فولاد در فواصل دور از محل اتصال، امکان ایجاد مفصل پلاستیک در تیر بوجود می‌آید. بعنوان مثال در شکل (۲-۴) مشاهده می‌شود که با استفاده از ورق پوششی محل ایجاد تنش ماکزیمم از نقطه A به نقطه B منتقل می‌گردد. در نتیجه در اتصال با ورق پوششی مفصل پلاستیک در تیر در انتهای ورق پوششی تشکیل می‌شود.

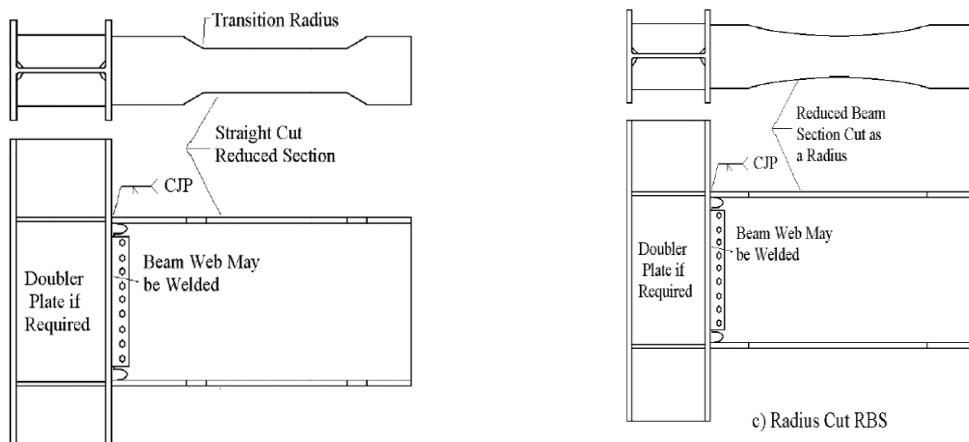


شکل ۲-۴- انتقال محل ایجاد تنش ماکزیمم از نقطه A به نقطه B [۱]

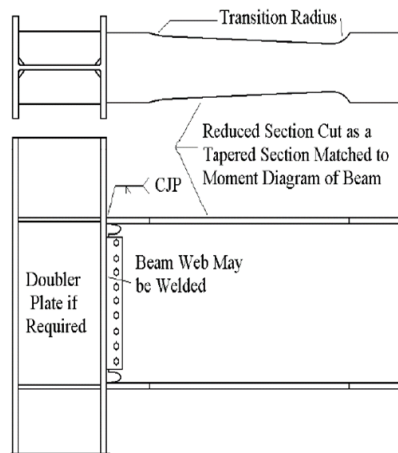
ب- کاهش مقطع تیر در فاصله مناسبی از محل اتصال (RBS):

در این اتصال مقطع تیر بوسیله کاهش عرض بال در فاصله ای مشخص از ناحیه اتصال تیر به ستون کاهش داده می‌شود، به این ترتیب پدیده تسلیم در ناحیه کاهش یافته از تیر تحت لنگری کمتر از تقاضای غیر الاستیک رخ می‌دهد (با رسم لنگر خمشی تیر و مقایسه لنگر خمشی موجود با ظرفیت تیر می‌توان نسبت به وقوع مفصل پلاستیک در ناحیه کاهش یافته اطمینان حاصل نمود واضح است که به علت کاهش مقطع از ظرفیت خمشی تیر کاسته می‌

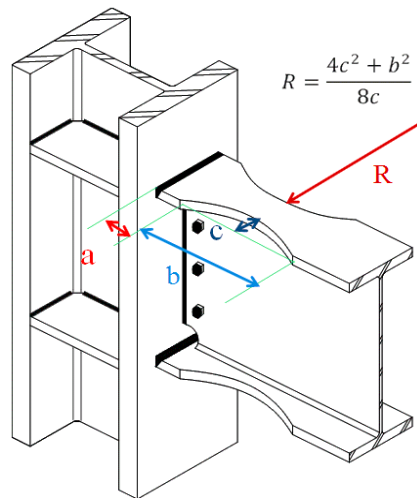
شود). این فیوز اتصال را در مقابل گسیختگی زودرس محافظت می کند. البته پتانسیل کمانش پیچشی - جانبی تیر به خاطر کاهش سختی پیچشی تیر در ناحیه تشکیل مفصل پلاستیک افزایش می یابد و لذا نیاز به مهار بندی تیر در این ناحیه است. و چنانچه این مهار بندی صورت پذیرد، در آن صورت ظرفیت دوران پلاستیک مناسبی در اتصال تجربه خواهد شد. و در آخر، قابل ذکر است برخلاف دیگر اتصالات، افزایش عمق تیر تاثیر چندانی در کاهش میزان شکل پذیری ندارد، و به این دلیل اتصال مناسبی برای قاب های سنگین با نیاز شکل پذیری زیاد است. برش های هندسی مختلف برای مقطع کاهش یافته مورد بررسی قرار گرفته که بهترین آنها برش شعاعی است که بر اساس مطالعات تجربی بدست آمده است. دقت اجرای صحیح برش اهمیت بسیار زیادی دارد. و عدم آن باعث شکست ترد می گردد، در شکل (۲-۵) نمونه هایی از برش های مختلف مربوط به این اتصال مطابق FEAM 355D و در شکل و (۲-۶) پارامترهای برش شعاعی FEMA 350 نمایش داده شده است.



شکل ۲-۵- نمونه های از برش های مختلف در اتصال با مقطع کاهش یافته



شکل ۲-۵- دنباله- نمونه های از برش های مختلف در اتصال با مقطع کاهش یافته



شکل ۲-۶- پارامترهای برش شعاعی FEMA 350

۲-۳- اتصال میان ستون های قوطی شکل و تیر I شکل

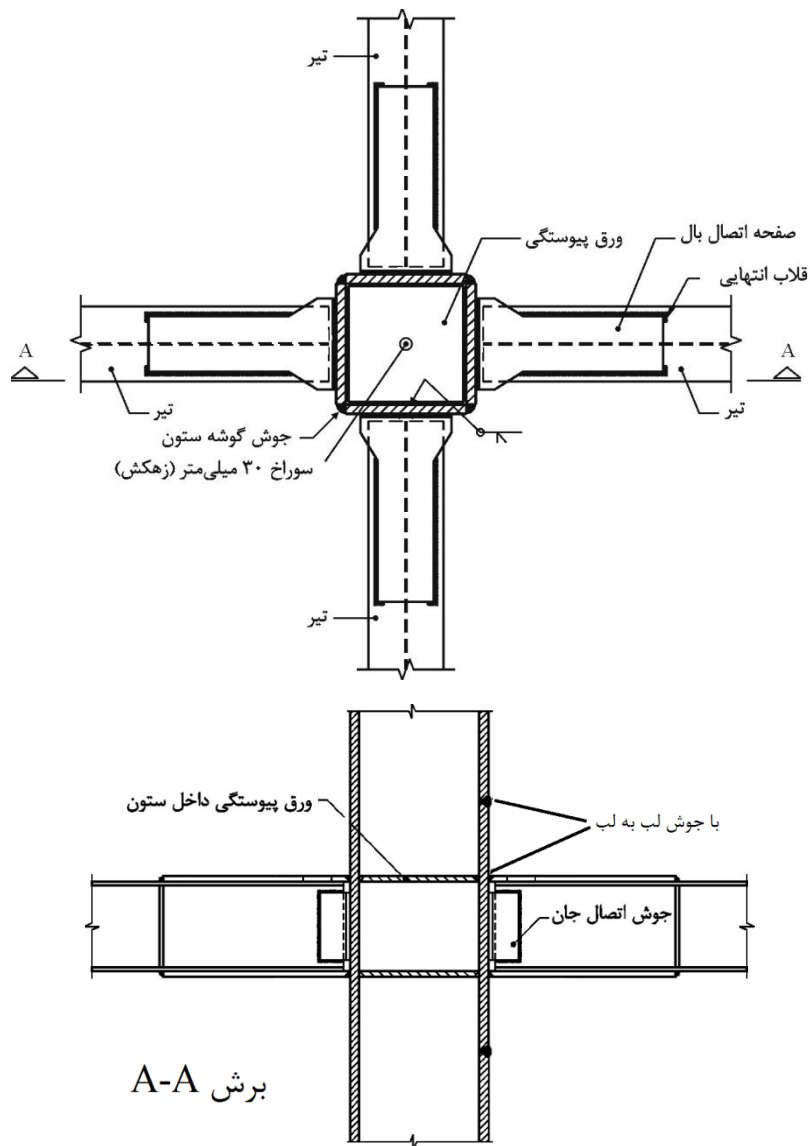
استفاده از مقاطع قوطی شکل برای ساخت قابهای خمشی در همه جا خصوصا در کشورهای آسیایی مانند کره، ژاپن، چین و تایوان و همچنین ایران در سال های اخیر متداول شده است. مزیت های زیادی در رابطه با مقاطع ستون قوطی نسبت به مقاطع ستون H شکل وجود دارد. که در زیر به برخی از آنها به صورت کلی اشاره می شود:

- ممان اینرسی حول محورهای اصلی ستون قوطی را می‌توان با تغییر ضخامت ورق‌های ستون و فاصله ورق‌ها تغییر داد بنابراین با انتخاب و جزئیات‌بندی مناسب ورق‌های ستون، می‌توان برای ستون قوطی با شرایط تکیه‌گاهی متفاوت حول محورهای اصلی، به نسبت لاغری یکسان حول محورهای قوی و ضعیف ستون دست پیدا کرد.
 - ستون‌های قوطی از چهار وجه خود، دارای سطوح مناسبی برای اتصال گیردار تیر به ستون می‌باشند. بنابراین برای اتصالات قاب‌های خمشی دوجبهته مناسب‌ترند.
 - $\frac{M_p}{M_y}$ برای ستون قوطی نسبت به مقاطع H شکل بیشتر است. این موضوع برای ستون‌ها که عضو کنترل شونده توسط نیرو هستند، بسیار مطلوب است و به تأمین شرایط تیر ضعیف - ستون قوی کمک می‌کند [۲].
 - تأمین الزامات ناحیه پانلی به دلیل وجود دو جان ستون قوطی راحت‌تر میسر می‌شود [۳].
 - به دلیل سختی بالای پیچشی، تأثیر پیچش ستون قوطی بر روی رفتار اتصال قابل صرف‌نظر کردن می‌باشد [۳].
- مزیت‌های ستون قوطی باعث افزایش کاربرد آن شده است. در این قسمت، روش‌های تایید شده اتصال میان ستون‌های قوطی شکل و تیر I شکل در استاندارد ۲۸۰۰ زلزله و مبحث دهم مقررات ملی و نحوه اجرای آن‌ها توضیح داده می‌شود.

۲-۳-۱- اتصال ارائه شده در استاندارد ۲۸۰۰ زلزله [۴]

در استاندارد ۲۸۰۰، دتایل شکل (۲-۷) برای معرفی نحوه اتصال تیر به ستون قوطی نشان داده شده است. همانطور که در این شکل مشخص است بال‌های تیر توسط ورق‌های روسری و زیرسری به بال ستون قوطی متصل شده است و ورق‌های پیوستگی در داخل ستون قوطی روبروی ورق‌های روسری و زیرسری قرار گرفته‌اند. در ضمن هر چهار طرف ورق‌های پیوستگی به

وجوه ستون قوطی با جوش نفوذی کامل متصل شده اند.



شکل ۲-۷- جزئیات اتصال میان ستون‌های قوطی شکل و تیر I شکل در استاندارد ۲۸۰۰ زلزله ویرایش‌های

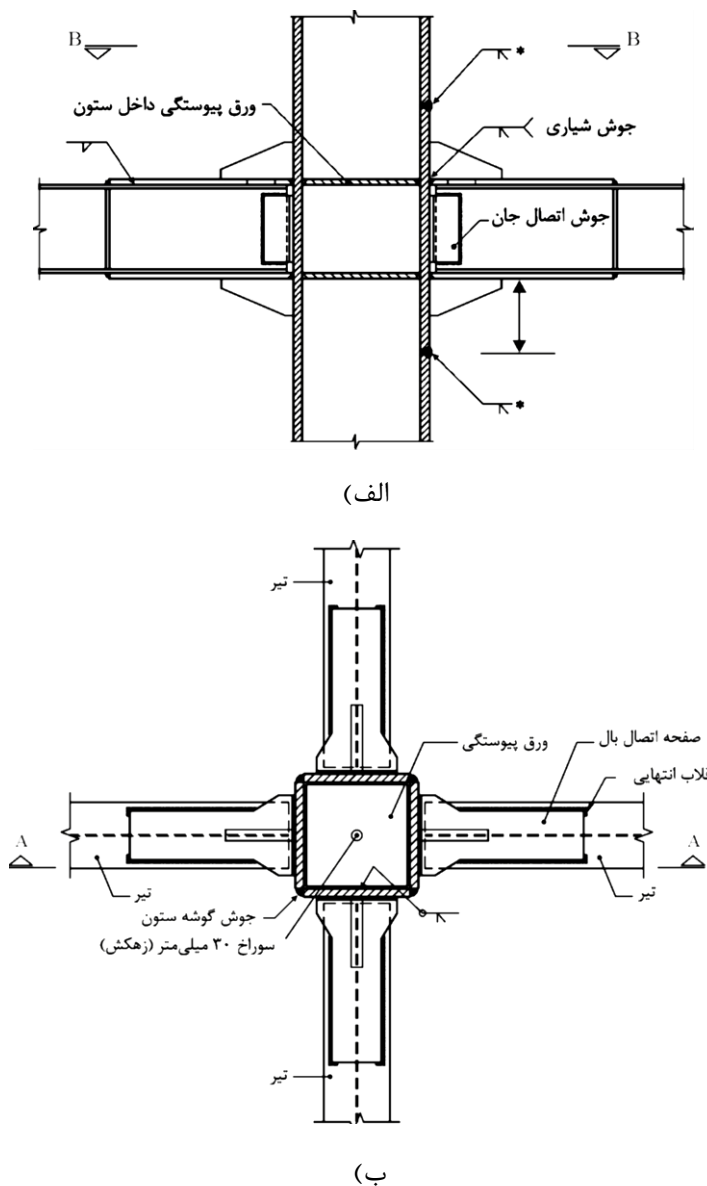
دوم و سوم [۴]

۲-۳-۲- اتصال ارائه شده در مبحث دهم مقررات ملی ساختمان- ویرایش‌های ۱۳۸۴

و ۱۳۸۷ [۵] و [۶]

نحوه اتصال تیر به ستون قوطی در ویرایش سال ۱۳۸۴ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان

دقیقا مشابه روش ارائه شده در استاندارد ۲۸۰۰ می‌باشد (شکل ۲-۷). اما همانطور که در شکل ۲-۸ مشخص است نحوه اتصال تیر به ستون قوطی در ویرایش سال ۱۳۸۷ مبحث دهم در یک مورد با استاندارد ۲۸۰۰ زلزله متفاوت می‌باشد. در ویرایش سال ۱۳۸۷ مبحث دهم برای اتصال بال‌های تیر به ستون، علاوه بر ورق‌های روسری و زیرسری از لچکی نیز استفاده شده است [۶].



شکل ۲-۸- معرفی نحوه اتصال تیر به ستون قوطی در مبحث ۱۰ الف) شکل اتصال از روبرو (نمای اتصال ب)

پلان اتصال [۶]

۲-۳-۳- توضیح روش‌های قرار دادن دیافراگم داخلی در ستون قوطی

روشهای متفاوتی برای قرار دادن دیافراگم داخلی در ستون قوطی وجود دارد. در زیر به دو روش برای جایگذاری دیافراگم داخلی در ستون قوطی اشاره می‌شود.

روش اول- در این روش، مراحل اجرایی عبارتند از:

(۱) ابتدا سه ورق از چهار ورق ستون به یکدیگر متصل شوند تا مقطعی U شکل را پدید آورند. بعد از آن و یا در حین ساختن U، ورقهای پیوستگی که از قبل لبه‌های آنها مهیا شده است در محل خود استقرار می‌یابند و با جوش نفوذی به سه ورق ستون متصل می‌گردند (شکل ۲-۹). لازم است در این مرحله جوشهای نفوذی تست UT شوند تا از سلامت آنها اطمینان حاصل گردد.

(۲) سپس تکه ورقی که درپوش خوانده می‌شود و قسمتی از وجه چهارم ستون را تشکیل می‌دهد در جای خود مونتاژ می‌گردد.

(۳) در این مرحله، وجه چهارم ورق پیوستگی با جوش نفوذی به درپوش متصل می‌شود.

سپس این جوش نفوذی تست UT می‌شود.

(۴) در مرحله آخر، ادامه ورق ستون به درپوش با جوش نفوذی متصل می‌گردد.



(۲) گذاشتن درپوش (ورق چهارم)



(۱) U کردن ستون و مونتاژ ورقها



(۴) اجرای جوش درپوش به ادامه ورق

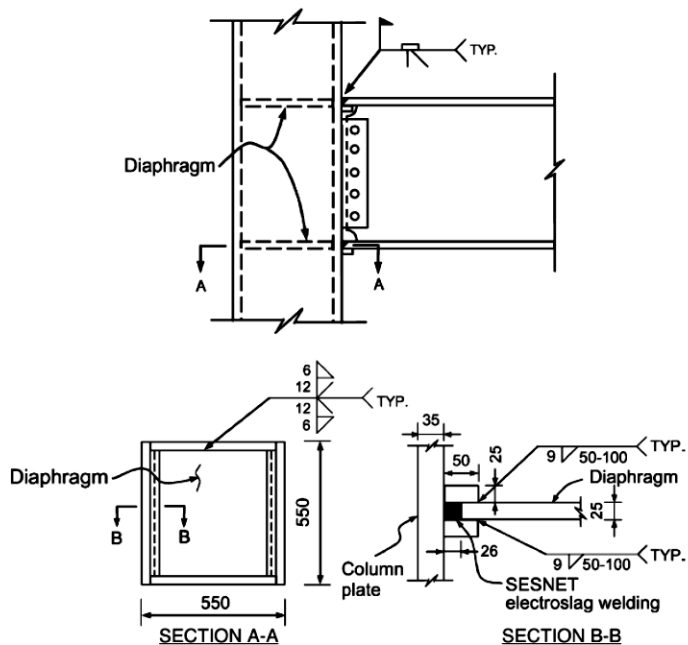


(۳) جوش ورق پیوستگی به درپوش

شکل ۲-۹- مراحل اجرایی ساخت ستونهای قوطی شکل

روش دوم - در این روش، مطابق شکل ۲-۱۰ برای اتصال ورقهای پیوستگی به داخل ستون از روش جوشکاری الکترواسلگ (Electroslag welding) استفاده می شود [۳]. در این روش ابتدا دو وجه از ورق پیوستگی به وجوه ستون جوش می شوند (وجوه بالا و پایین در شکل ۲-۱۰ سمت چپ) و در ادامه پس از قراردادن ورقهای پشتبند در وجوه جوش داده نشده ورق

پیوستگی، ستون قوطی بسته می‌شود. سپس الکتروود مخصوص از سوراخی که بدین منظور پیش بینی شده است به داخل ستون و بین دو ورق پشتبند وارد و فاصله باقی مانده بین ورق پیوستگی و جوه چپ و راست ستون را کاملاً با جوش پر می‌کند [۳].



شکل ۲-۱۰- معرفی روش اتصال ورق پیوستگی به ستون با Electroslag welding [۳]

فصل سوم

مروری بر تحقیقات انجام شده

۳-۱- مقدمه

ستون قوطی دارای دو جان می‌باشد. هر دو جان در طرفین ستون قرار دارند. بنابراین در اتصال گیردار تیر به ستون قوطی، نیروهای کششی و فشاری بال‌های تیر، بصورت نیروهای بیرون صفحه‌ای به بال ستون منتقل می‌شوند و سبب ایجاد تغییر شکل‌های بیرون صفحه‌ای در بال ستون قوطی می‌شوند. این تغییر شکل‌های بیرون صفحه‌ای، منجر به ایجاد خطوط تسلیم در بال ستون قوطی می‌گردند (شکل ۳-۱).

نیروهای کششی و فشاری بال‌های تیر را می‌توان با استفاده از دیافراگم داخلی و یا اجزایی مانند ورق کناری، سخت کننده T شکل و ورق میانگذر، بصورت نیروهای درون صفحه‌ای به جان ستون منتقل کرد و از ایجاد تغییر شکل‌های بیرون صفحه‌ای در بال ستون قوطی جلوگیری کرد. در این تحقیق، مطالعات انجام شده روی اتصال خمشی تیر به ستون قوطی به دو دسته تقسیم می‌شوند:

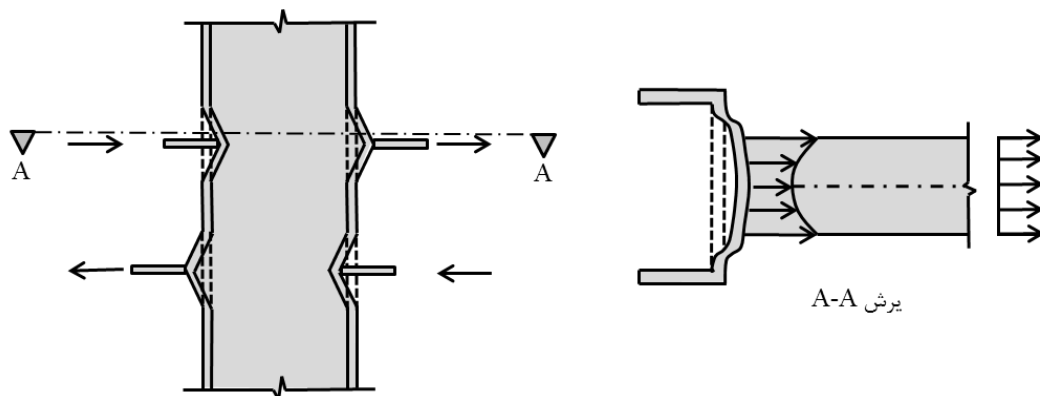
۱- مطالعاتی که در آنها از دیافراگم داخلی برای انتقال نیروهای کششی و فشاری بال‌های تیر به جان ستون قوطی استفاده شده است.

۲- مطالعاتی که در آنها از دیافراگم داخلی در ستون قوطی استفاده نشده است بلکه با

استفاده از ورق کناری یا سخت کننده T شکل و یا ورق میانگذر، از ایجاد تغییر شکل-

های بیرون صفحه‌ای در بال ستون قوطی جلوگیری کرد.

خلاصه‌ای از این دو دسته مطالعه در این فصل آورده شده است.



شکل ۳-۱- تغییر شکل‌های بیرون صفحه‌ای در بال ستون قوطی بدون دیافراگم داخلی

۳-۲- مطالعاتی که در آنها از دیافراگم داخلی استفاده شده است.

در تحقیقات ارائه شده در این قسمت، در داخل ستون قوطی روبروی بال‌های تیر، دیافراگم داخلی جایگذاری شده است و با استفاده از این دیافراگم داخلی، نیروهای کششی و فشاری بال‌های تیر به جان ستون قوطی منتقل می‌شوند. در این دسته از تحقیقات، از روش‌های مختلفی برای اتصال تیر به ستون قوطی استفاده شده است. در ادامه این روش‌های اتصال ذکر می‌شوند.

۳-۲-۱- اتصالات تقویت نشده

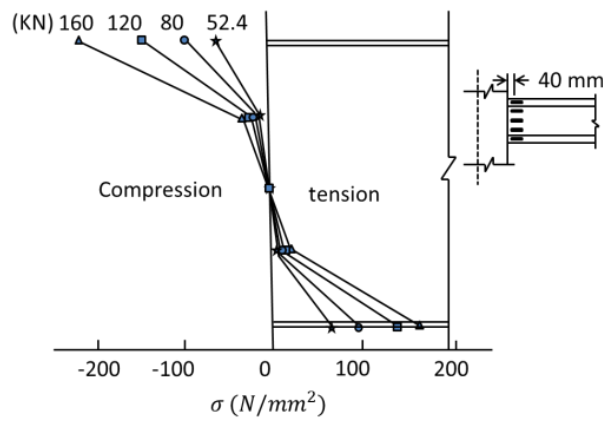
در اتصالات تقویت نشده، تیر بصورت مستقیم و بدون هیچگونه تقویتی به ستون قوطی متصل می‌شود.

در سال ۱۹۹۱ Shanmugam و همکارانش [۷]، برای بررسی عملکرد اتصال تیر به ستون قوطی دارای دیافراگم داخلی، یک نمونه را مورد آزمایش قرار دادند. مشخصات این نمونه در جدول ۳-۱ آورده شده است.

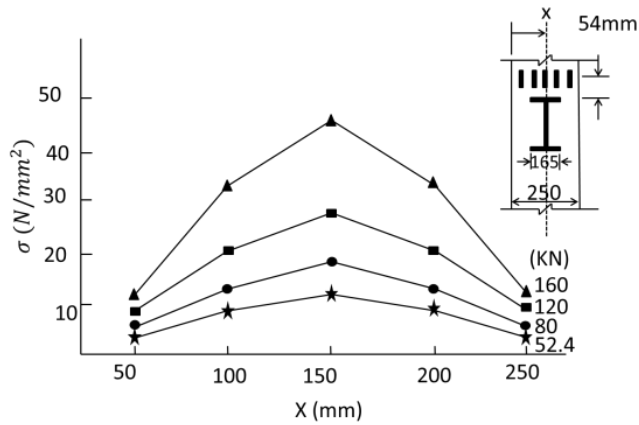
جدول ۳-۱- مشخصات نمونه آزمایشگاهی [۷]

Column size (mm × mm × mm) (2)	Beam size (mm × mm × kg/m) (3)
200 × 200 × 12	254 × 102 × 22.32

نتایج تنش در جان تیر در شکل ۳-۲-الف) برای این نمونه مشخص می‌باشد.



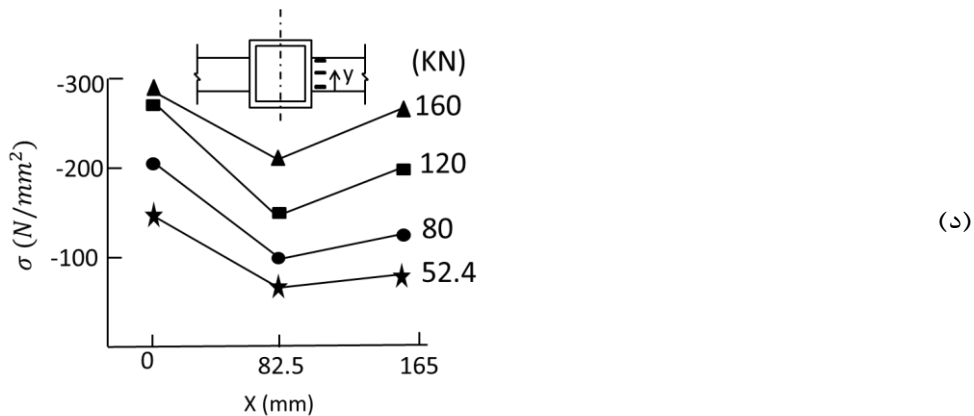
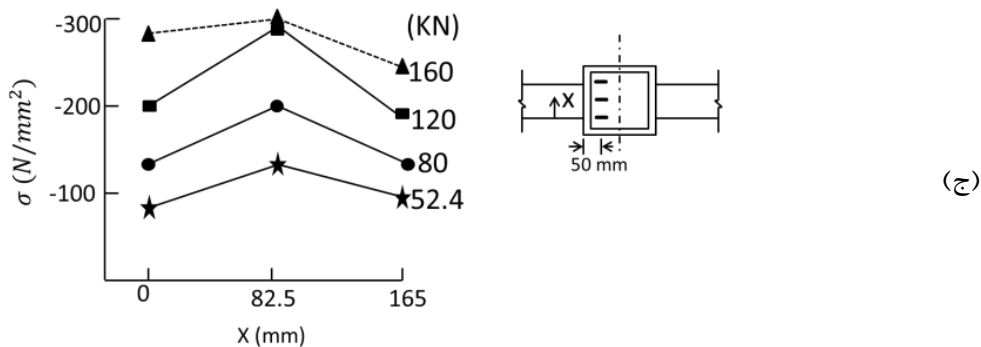
(الف)



(ب)

شکل ۳-۲- تغییرات تنش برای نمونه آزمایشگاهی الف) جان تیر ب) بال ستون ج) سخت کننده داخلی د)

بال تیر [۷]



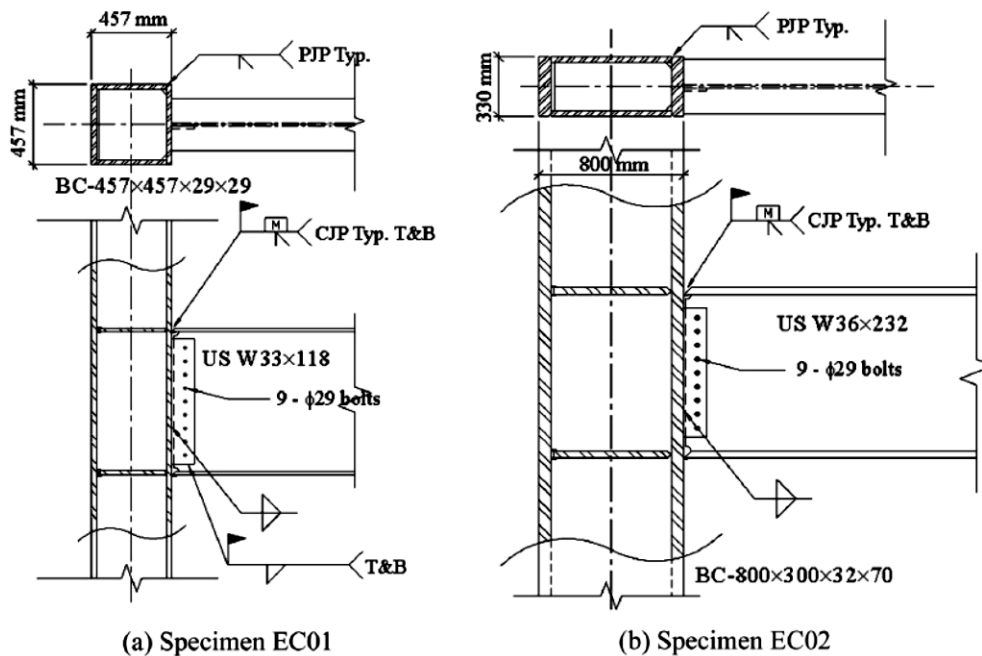
شکل ۳-۲- دنباله- تغییرات تنش برای نمونه آزمایشگاهی الف) جان تیر ب) بال ستون ج) سخت کننده داخلی

(د) بال تیر [Y]

با توجه به سختی دیافراگم روبروی بال تیر و تغییر شکل بیرون صفحه‌ای بال ستون در روبروی جان تیر، میزان تنش در قسمت مرکزی جان تیر در مقایسه با قسمت‌های بالایی و پایینی جان تیر بسیار اندک می‌باشد. در شکل ۳-۲-ب) میزان تنش در فاصله ۵۴ mm بالای بال تیر، در عرض بال ستون برای نمونه آزمایشگاهی نشان داده شده است. میزان تنش در قسمت میانی بال ستون نسبت به تنش در لبه‌های بال ستون بیشتر می‌باشد ولی مقدار این تنش از تنش تسلیم بسیار کمتر است زیرا به دلیل وجود دیافراگم داخلی، نیروهای کششی و فشاری بال‌های تیر، توسط دیافراگم داخلی به جان ستون منتقل می‌شوند و در نتیجه تنش

کمتری در بال ستون ایجاد می‌شود. در شکل ۳-۲-ج) توزیع تنش در دیافراگم داخلی نشان داده شده است. شکل ۳-۲-د) توزیع تنش در عرض بال تیر، در محل اتصال را نشان می‌دهد. میزان تنش در لبه‌های بال تیر نسبت به مرکز بال تیر بیشتر است.

در سال ۲۰۰۳، Taejin Kim و همکارانش [۸ و ۹] رفتار اتصال تیر به ستون قوطی دارای دیافراگم داخلی را با استفاده از دو نمونه آزمایشگاهی EC01 و EC02 مورد بررسی قرار دادند. در این نمونه‌ها، اتصال تیر به ستون قوطی با روش اتصالات جوشی قبل از زلزله نورث‌ریج انجام شده بود. جزییات اتصال این دو نمونه در شکل ۳-۳ مشخص می‌باشد و ابعاد این نمونه‌ها در جدول ۳-۲ آورده شده است.



شکل ۳-۳- جزییات اتصال برای دو نمونه EC01 و EC02 [۸ و ۹]

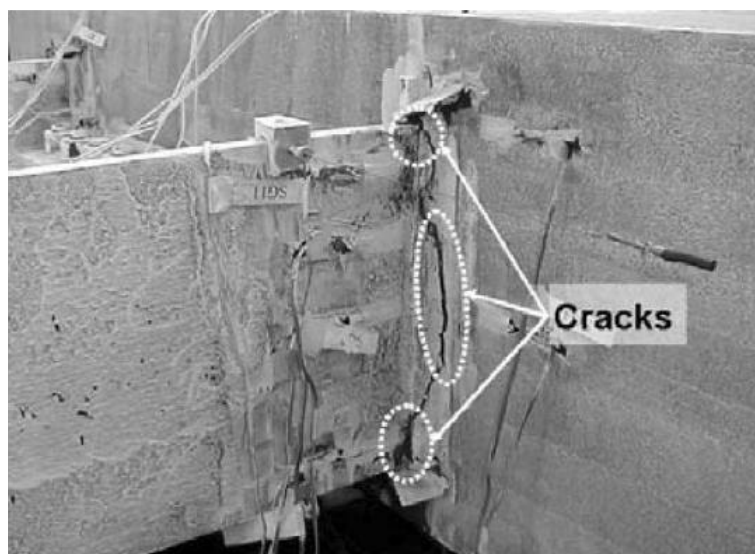
جدول ۳-۲- ابعاد نمونه‌ها [۸ و ۹]

	Specimen EC01	Specimen EC02
Beam length (mm) ^a	2,286	4,114
Beam size	U.S. W33×118	U.S. W36×232
Shear tab thickness (mm)	16	16
Fillet weld between shear tab and beam web (mm)	11	0
Column height (mm)	4,166	4,166
Column size	BC457×457×29×29	BC800×330×32×70
Box column plate thickness (mm)	29	70 (flange), 32 (web)
Continuity plate thickness (mm)	25	25
Number of bolts in shear tab ^b	9	9

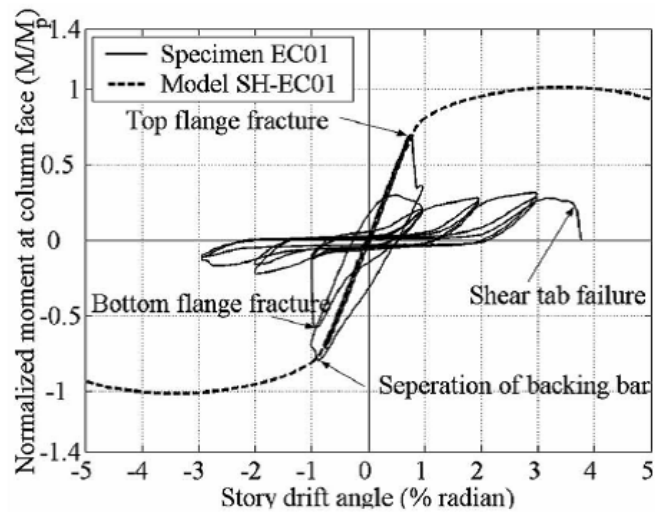
^aDistance from column centerline to actuator centerline.

^bA490SC bolts, diameter=29 mm.

در هر دو نمونه آزمایشگاهی EC01 و EC02، شکست در محل اتصال بال تیر به بال ستون رخ داد و در نتیجه نمونه‌ها عملکرد ضعیفی از خود نشان دادند. شکل ۳-۴ شکست ایجاد شده در محل اتصال بال تیر به بال ستون نمونه EC01 را نشان می‌دهد. نمودار هیستریزیس (لنگر در وجه ستون - دریفت) این نمونه‌ها در شکل ۳-۵ نشان داده شده است.

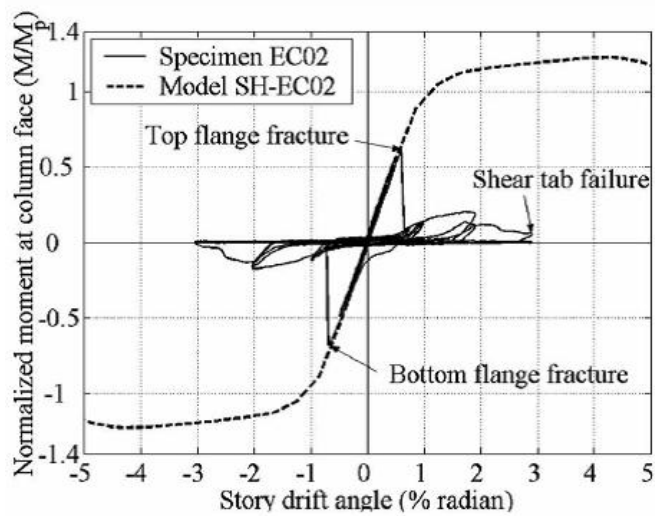


شکل ۳-۴ - گسیختگی بال بالایی تیر نمونه EC01 در زاویه دریفت ۱٪ رادیان [۸ و ۹]



(a) Specimen EC01

شکل ۳-۵- نمودار لنگر در لبه ستون بر حسب دریفت [۸ و ۹]

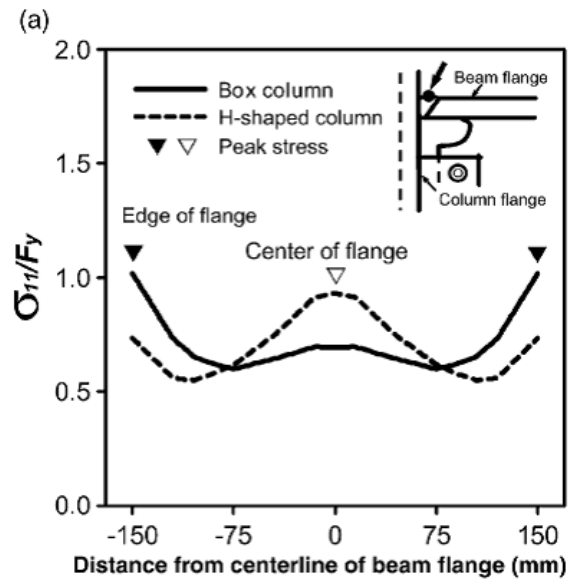


(b) Specimen EC02

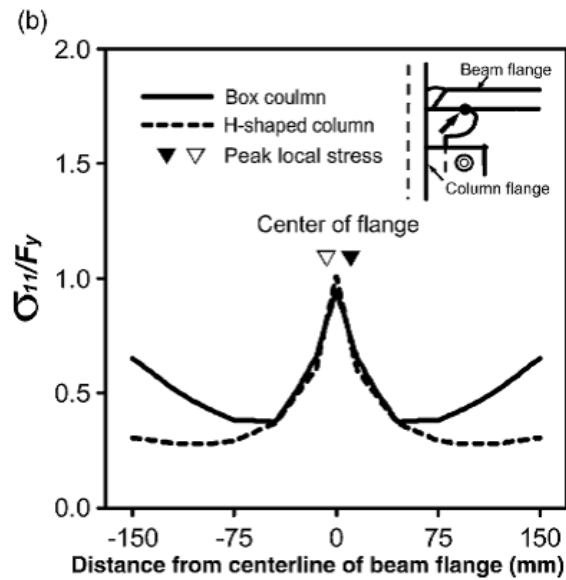
شکل ۳-۵- دنباله- نمودار لنگر در لبه ستون بر حسب دریفت [۸ و ۹]

در سال ۲۰۰۴، cheng-chin و همکارانش [۳] اتصال تقویت نشده تیر I شکل به ستون

قوسی و H شکل را توسط نرم افزار ANSYS مورد بررسی قرار دادند.



شکل ۳-۶- توزیع تنش‌های طولی نرمال شده در 0.5° زاویه دریفت طبقه در عرض بال تیر در (a) محل جوش نفوذی کامل متصل کننده بال تیر به بال ستون و (b) ریشه سوراخ دسترسی [۳]



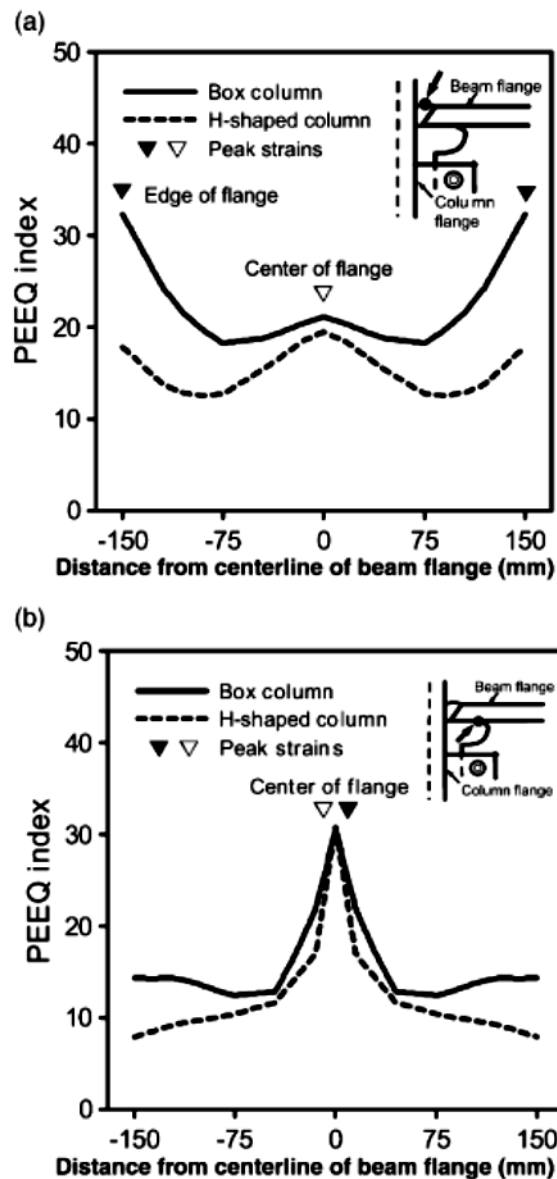
شکل ۳-۶- دنباله- توزیع تنش‌های طولی نرمال شده در 0.5° زاویه دریفت طبقه در عرض بال تیر در (a) محل جوش نفوذی کامل متصل کننده بال تیر به بال ستون و (b) ریشه سوراخ دسترسی [۳]

شکل ۳-۶- توزیع تنش‌های طولی نرمال شده در زاویه دریفت 0.5° رادیان در محل جوش

نفوذی کامل متصل کننده بال تیر به بال ستون و ریشه سوراخ دسترسی (WAH) در عرض بال تیر را نشان می‌دهد. تنش طولی نرمال شده با تقسیم کردن تنش طولی σ_{11} بر تنش تسلیم σ_y ، تعیین می‌شود. زاویه دررفت ۰/۵٪ رادیان به این دلیل انتخاب شده است تا سازه در مرحله الاستیک باشد. با توجه به شکل ۳-۶-الف) واضح است که ماکزیمم تنش در محل جوش نفوذی کامل متصل کننده بال تیر به بال ستون قوطی، در دو طرف بال تیر و در محل جوش نفوذی کامل متصل کننده بال تیر به بال ستون H شکل، در مرکز بال تیر ایجاد می‌شود. علت تفاوت در توزیع تنش طولی در محل جوش CJP^۱ برای ستون قوطی و ستون H شکل اختلاف در سختی ایجاد شده توسط جان این دو نوع ستون می‌باشد زیرا ستون قوطی دارای دو جان می‌باشد که در طرفین ستون قرار دارند در حالیکه ستون H شکل دارای یک جان در وسط مقطع ستون می‌باشد. توزیع تنش طولی نرمال در ریشه سوراخ دسترسی (WAH^۲) در عرض بال تیر در شکل ۳-۶-ب) مشخص است. با توجه به شکل مشخص است که تمرکز تنش طولی در ریشه سوراخ دسترسی برای هر دو نوع ستون در مرکز بال تیر می‌باشد. شکل ۳-۷ نشان می‌دهد که توزیع اندیس PEEQ (کرنش پلاستیک معادل) در عرض بال تیر مشابه توزیع تنش‌های طولی می‌باشد (در پیوست الف توضیح مختصری در مورد شاخص‌های خسارت آورده شده است).

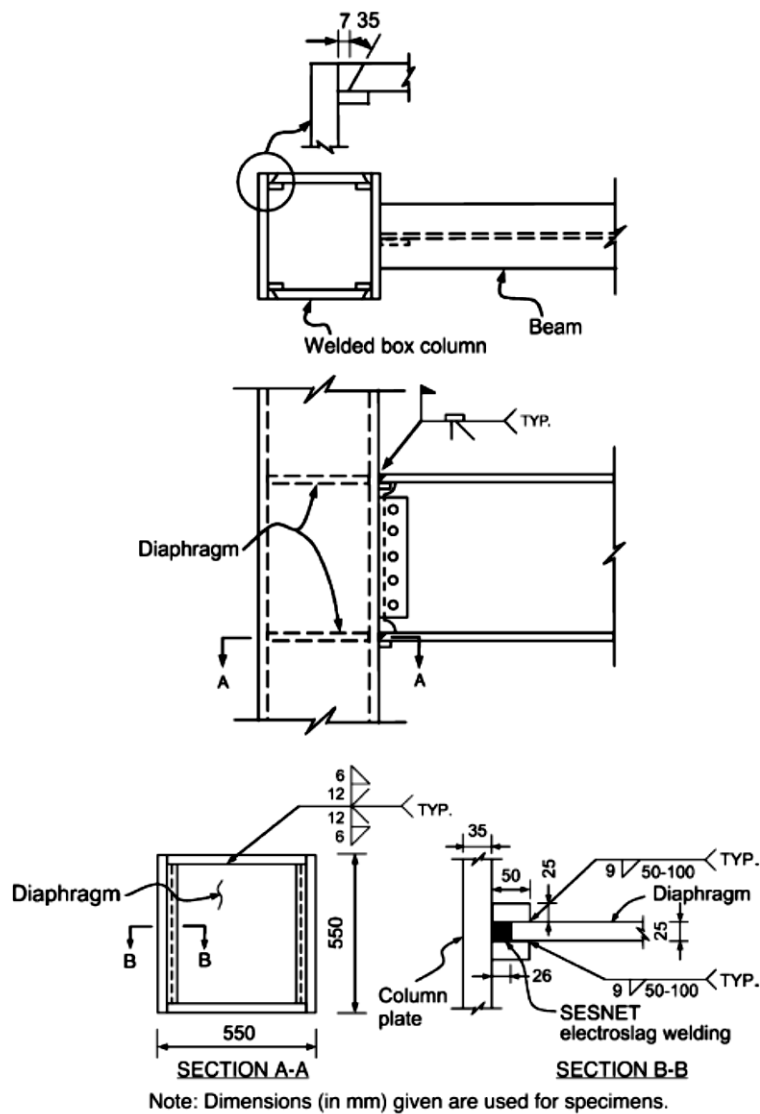
^۱ Complete Joint Penetration

^۲ Weld Access Hole



شکل ۳-۷- توزیع اندیس PEEQ در ۴٪ زاویه دررفت طبقه در عرض بال تیر در (a) محل جوش نفوذی کامل متصل کننده بال تیر به بال ستون و (b) ریشه سوراخ دسترسی [۳]

در سال ۲۰۰۴، cheng-chin و همکارانش [۳] با یک نمونه آزمایشگاهی عملکرد اتصال تقویت نشده تیر به ستون قوطی را بررسی کردند. همه جوشهای اتصال طبق استاندارد AWS انجام شد و از فرایند جوش الکترواسلگ برای اتصال ورق پیوستگی به وجوه ستون قوطی استفاده شد (شکل ۳-۸).

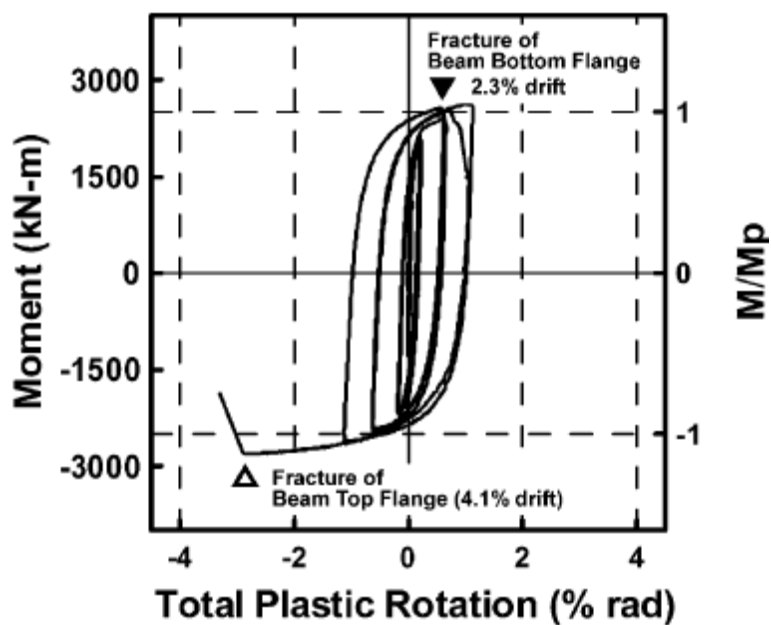


شکل ۳-۸- اتصال تیر به ستون قوطی با روش جوش الکترواسلگ [۳]

در این نمونه آزمایشگاهی شکست تردد رخ داد. بدین صورت که ابتدا ترک‌هائی در جوش CJP در محل لبه‌های بال تیر ایجاد شد (محل تمرکز تنش در آنالیز عددی) و در ادامه این ترک‌ها به درون بال تیر نفوذ کردند و باعث شکست بال پایینی تیر شدند (شکل ۳-۹). نمودار هیستریزس این نمونه در شکل ۳-۱۰ مشاهده می‌شود.



شکل ۳-۹- شکست ترد در نمونه تقویت نشده [۳]



شکل ۳-۱۰- نمودار هیستریزس نمونه تقویت نشده [۳]

۲-۲-۳- تقویت اتصال در وجه ستون

همانطور که در قسمت قبل توضیح داده شد، اتصالات تقویت نشده تیر به ستون قوطی

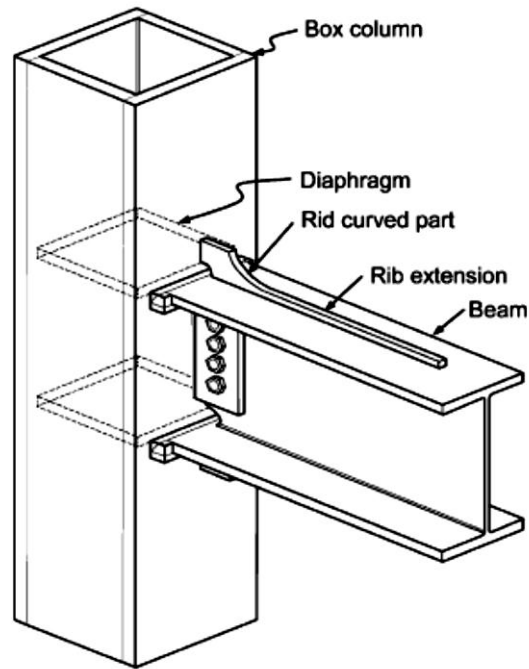
عملکرد خیلی ضعیفی از خود نشان دادند و در این اتصالات، تمرکز تنش ایجاد شده در لبه‌های بال تیر سبب ایجاد ترک و در ادامه شکست اتصال می‌گردد. بنابراین تحقیقاتی برای پیدا کردن روش تقویت مناسب برای این اتصالات انجام شد. در مورد روشهای تقویت اتصال تیر به ستون قوطی دارای دیافراگم داخلی میتوان به تقویت تیر در بر ستون با بکارگیری لچکی [۳]، افزایش عرض بال تیر در موضع اتصال [۱۰] اشاره کرد. در ادامه به این تحقیقات اشاره می‌گردد:

در سال ۲۰۰۴، cheng-chin و همکارانش [۳]، آزمایشهایی برای مشخص کردن اثر تقویت با لچکی بر روی اتصال تیر I شکل به ستون قوطی انجام داد. ایشان پنج نمونه آزمایشگاهی با مقیاس واقعی آماده کرد. همه نمونه‌ها با تیر I 700×300×13×24 و ستون قوطی B 550×550×35×35 ساخته شده بودند. نحوه تقویت اتصال با ورق لچکی (rib Plate) در شکل ۱۱-۳ نشان داده شده است. قسمت منحنی لچکی (rib curved part) بمنظور انتقال نرم نیروها ایجاد شده است و قسمت امتداد یافته (rib extension) بمنظور جلوگیری از ایجاد تمرکز کرنش در قسمت انتهایی ورق لچکی در نظر گرفته شده است. در جدول ۳-۳ خصوصیات این پنج نمونه آورده شده است.

جدول ۳-۳- خصوصیات پنج نمونه آزمایشگاهی تقویت شده با لچکی [۳]

Specimen*	M_{cap}/M_{dem} at interface	Rib size (mm)	Backing bar	Note
BUN	-	-	Steel	
BR115SB	1.15	PL22 × 135 × 685	Steel	
BR105SB	1.05	PL22 × 100 × 685	Steel	
BR115SB-FW	1.15	PL22 × 135 × 685	Steel	Extra fillet weld at backing bars
BR115CB	1.15	PL25 × 135 × 790	Ceramic	
BR120CB-WP	1.20	PL25 × 150 × 790	Ceramic	Additional flat wing plates

* All specimens consist of a H700 × 300 × 13 × 24 (mm) beam and a □550 × 550 × 35 × 35 (mm) column.



شکل ۳-۱۱- نمونه تقویت شده که در آن ورق لچکی (rib Plate) در محل خط مرکزی تیر قرار گرفته است

[۳]

همانطور که در جدول ۳-۳ مشاهده می‌شود، ابعاد لچکی در این نمونه‌ها، متفاوت می‌باشد و از نسبت تقویت ۱/۱۵، ۱/۲ و ۱/۰۵ در نمونه‌ها استفاده شده است. نسبت ظرفیت خمشی در محل اتصال M_{cap} ، به تقاضای لنگر در محل اتصال M_{dem} را نسبت تقویت می‌نامند. در برخی از نمونه‌ها از قطعه پشت‌بند فولادی، B، در برخی دیگر از قطعه پشت‌بند سرامیکی، CB، استفاده شده است. تاریخچه بارگذاری چرخه‌ای مطابق ATC-۲۴ می‌باشد. نتایج تحقیق برای نمونه‌ها بصورت زیر ارائه می‌شود.

نمونه‌های BR105SB و BR115SB ترک‌هایی در لبه‌های بال این دو نمونه ایجاد شد، اما این ترک‌ها گسترش پیدا نکردند و این دو نمونه رفتار شکل‌پذیری از خود نشان دادند. اشکال ۱۲-۳ و ۱۳-۳ بترتیب نحوه تشکیل مفصل پلاستیک در نمونه‌های BR105SB و BR115SB را نشان می‌دهند. شکل ۱۴-۳ نشان می‌دهد که چرخش پلاستیک این دو نمونه بیشتر از ۳٪ می‌-

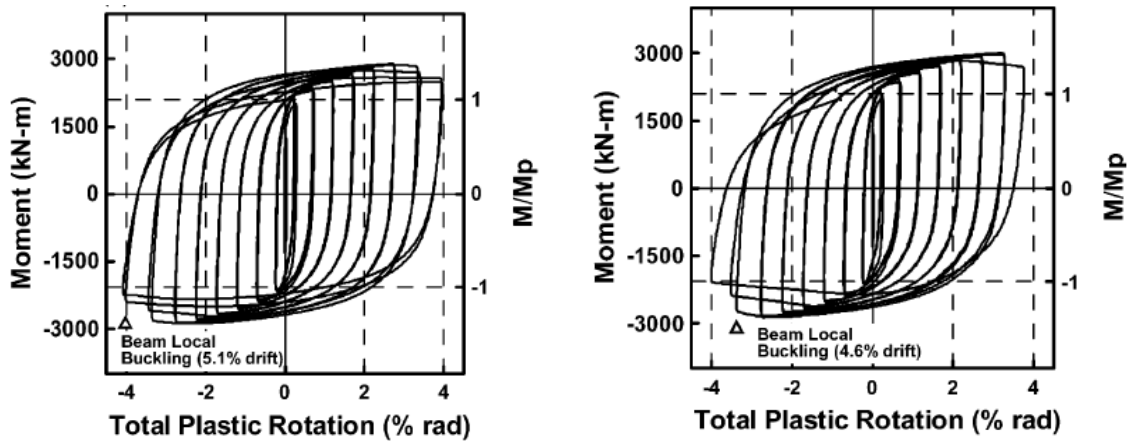
باشد.



شکل ۳-۱۲- کمانش موضعی جان و بال تیر نمونه BR115SB [۳]

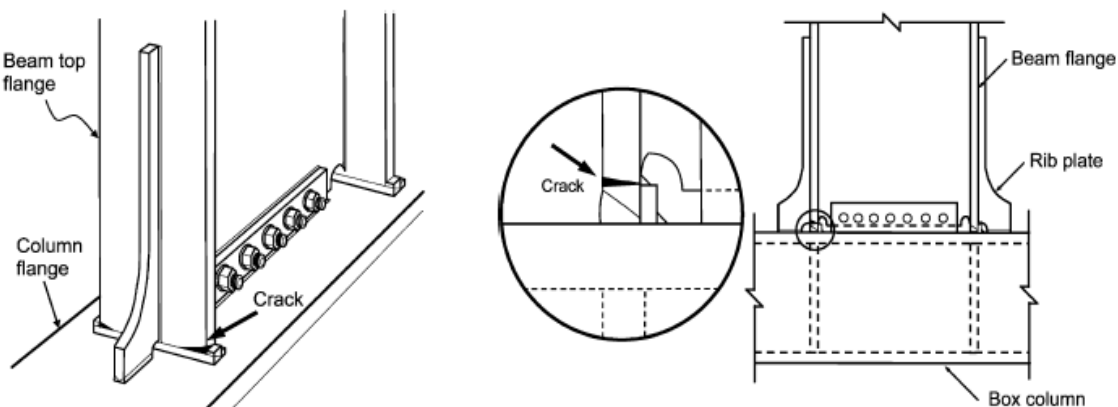


شکل ۳-۱۳- کمانش موضعی جان و بال تیر نمونه BR105SB [۳]

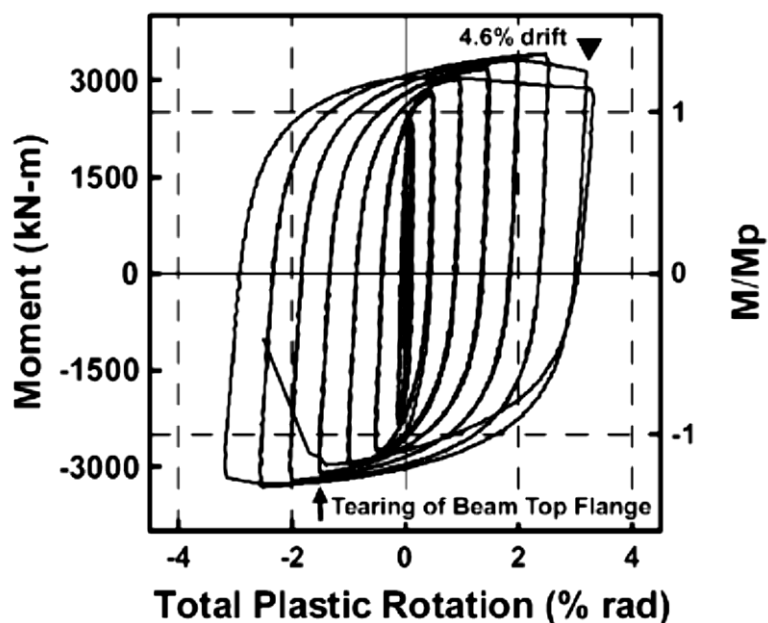


شکل ۳-۱۴- نمودار هیستریزیس نمونه‌های BR105SB و BR115SB [۳]

نمونه BR115SB-FW - در این نمونه قطعه پشت‌بند فولادی به بال تیر و به بال ستون جوش شده است (در سایر نمونه‌ها قطعه پشت‌بند فولادی فقط به بال ستون جوش شده است). همانطور که در شکل ۳-۱۵ مشاهده می‌شود، در جوش CJP ترک‌هایی ایجاد شد که در دریافت ۴/۶٪ منجر به گسیختگی بال بالایی نمونه گردید. شکل ۳-۱۶ نشان می‌دهد که چرخش پلاستیک این نمونه بیشتر از ۳٪ می‌باشد.

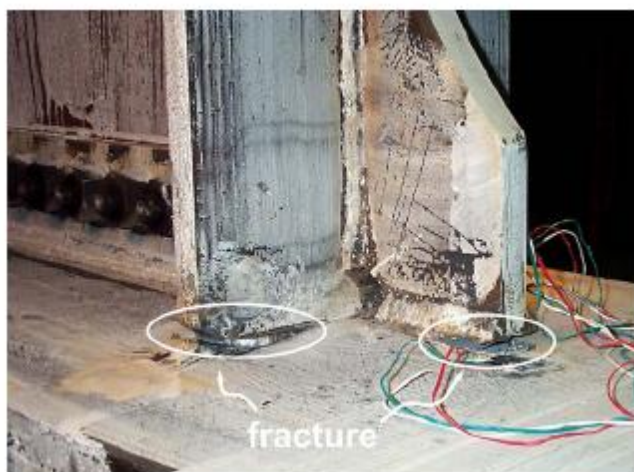


شکل ۳-۱۵- ترک در جوش CJP نمونه BR115SB-FW [۳]



شکل ۳-۱۶- نمودار هیستریزیس نمونه BR115SB-FW [۳]

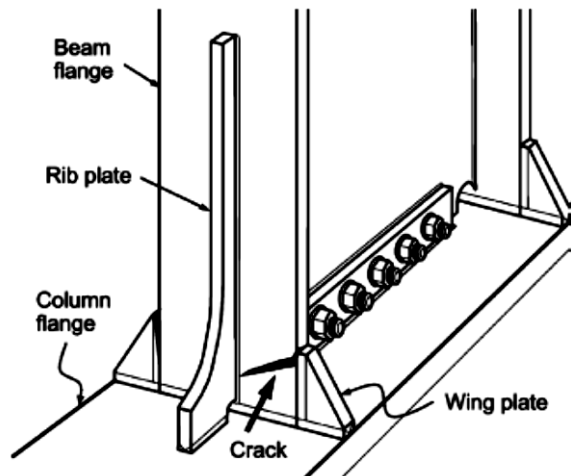
نمونه BR115C-CB - بدترین عملکرد را از خود نشان داد. با توجه به شکل ۳-۱۷ ابتدا گسیختگی از نوک جوش در لبه‌های بال تیر و لبه لچکی در محل اتصال با بال ستون شروع شد و سپس این گسیختگی باعث شکست کامل بال تیر در دریفت ۱/۷٪ رادیان شد و هیچگونه تسلیم‌شدگی در نمونه رخ نداد.



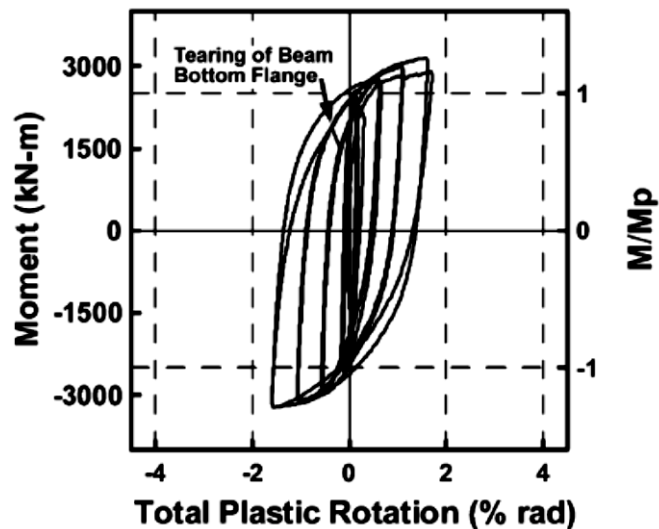
شکل ۳-۱۷- ترک در جوش CJP نمونه BR115C-CB [۳]

با توجه به این مورد که تنها تفاوت این نمونه با نمونه BR115SB در جنس قطعه پشت‌بند می‌باشد (قطعه پشت‌بند در BR115SB فولادی و در BR115C-CB سرامیکی می‌باشد) عملکرد این نمونه تعجب‌آور بود. بنابراین باید در مورد علت شکست این نمونه جستجویی انجام می‌گرفت. پس از برداشتن ورق‌های ستون قوطی، مشخص شد که کیفیت جوش الکترواسلگ (SESNET) بین دیافراگم داخلی و بال ستون نامناسب بوده و ضعف این جوش، باعث جدا شدن دیافراگم از بال ستون شده است. در نتیجه در بال ستون تحت نیروی‌های کششی و فشاری بال-های تیر، تغییر شکل خارج صفحه‌ای ایجاد شده است و به علت همین تغییر شکل خارج صفحه-ای بال ستون، ترک‌هایی از نوک جوش در لبه‌های بال تیر و لبه لچکی در محل اتصال با بال ستون ایجاد شد.

نمونه BR1120CB-WP - این نمونه علاوه بر تقویت شدن توسط لچکی، با استفاده از ورق بال (wing plate) نیز تقویت شده بود تا با این تقویت اضافی از تمرکز تنش در لبه‌های بال تیر جلوگیری شود اما مطابق با شکل ۳-۱۸ ترکی در نوک ورق بال مشاهده شد که این ترک به درون بال تیر نفوذ کرد و باعث گسیختگی نمونه شد. علت ایجاد ترک در نوک ورق بال، ناپیوستگی هندسی می‌باشد. همانطور که در شکل ۳-۱۹ مشاهده می‌شود، این نمونه رفتار هیستریزیس ضعیفی از خود نشان داد.



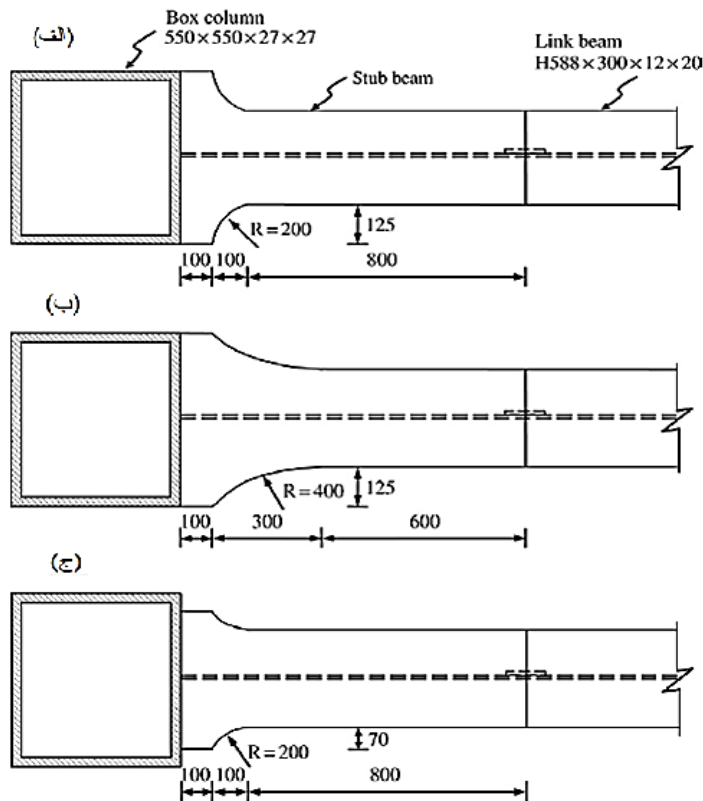
شکل ۳-۱۸- شکست بال تیر نمونه BR1120CB-WP [۳]



شکل ۳-۱۹- نمودار هیستریزیس نمونه BR1120CB-WP [۳]

در سال ۲۰۰۶، cheng و همکارانش [۱۰] عملکرد اتصال با مقطع افزایش یافته که دارای دیافراگم داخلی بودند را توسط سه نمونه آزمایشگاهی بررسی کردند. در شکل ۳-۲۰ مشخصات نمونه های آزمایشگاهی آورده شده است. عملکرد هر سه نمونه در آزمایشات مشابه بود. شکل ۳-۲۱، نمونه W10-L1A را در انتهای دررفت ۴٪ نشان می دهد. با توجه به این شکل مشخص است که بدون ایجاد هیچگونه ترکی، مفصل پلاستیک در تیر ایجاد شده است. شکل ۳-۲۲

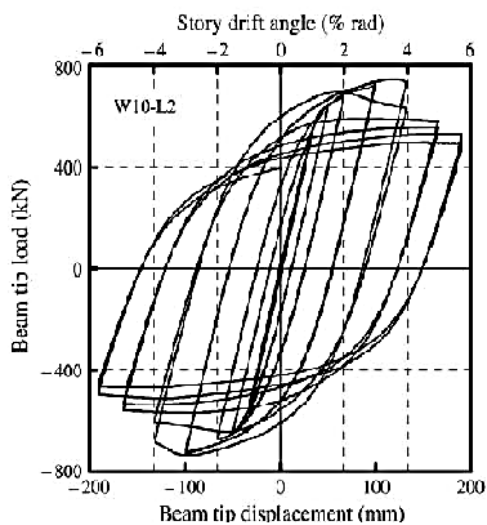
رفتار هیستریزیس این نمونه‌های آزمایشگاهی را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است چرخش پلاستیک در هر سه نمونه بیشتر از ۳٪ می‌باشد.



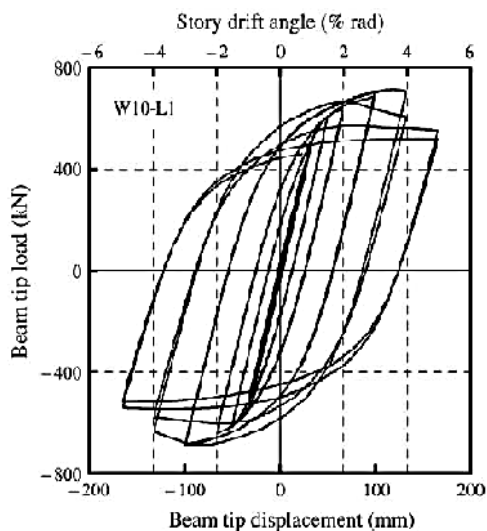
شکل ۳-۲۰- مشخصات نمونه‌های آزمایشگاهی (الف) W10-L1A (ب) W10-L2A (ج) W08-L1A [۱۰]



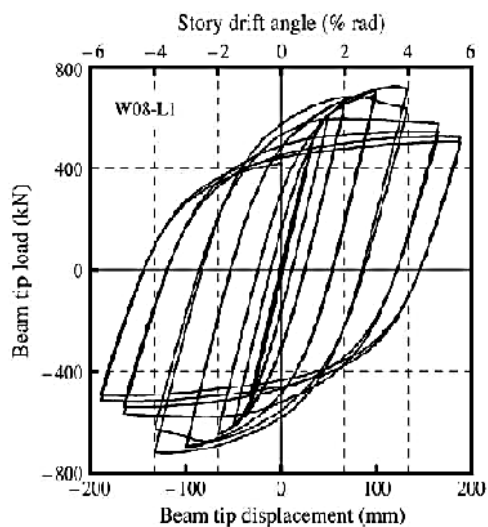
شکل ۳-۲۱- نمونه W10-L1A در انتهای دررفت ۴٪ [۱۰]



(ب)



(الف)



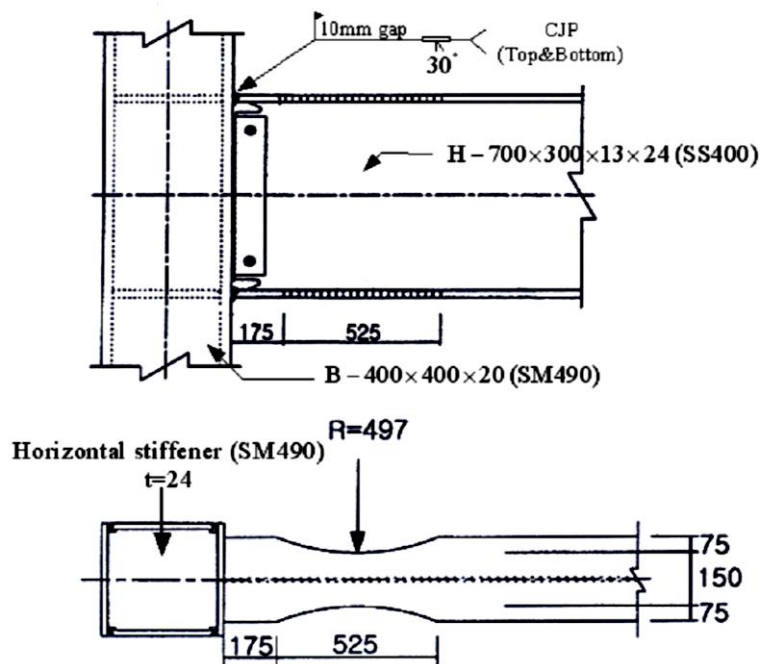
(ج)

شکل ۳-۲۲- رفتار هیستریزس نمونه‌های آزمایشگاهی الف) W10-L1A (ب) W10-L2A (ج) W08-L1A [۱۰]

۳-۲-۳- اتصال با مقطع کاهش یافته (RBS)

در سال ۲۰۰۲، Lee و همکارانش [۱۱] بر روی اتصال تیر با مقطع کاهش به ستون قوطی آزمایشاتی را انجام داده‌اند در نمونه‌های آزمایشگاهی تیر I-700×300×13×24 به ستون قوطی B-400×400×20 متصل شده است. مشخصات اتصال در شکل ۳-۲۳ مشخص است. در نمونه B-DB77-SW-ee بال تیر به ستون جوش داده شده است و جان تیر به ورق برشگیر توسط

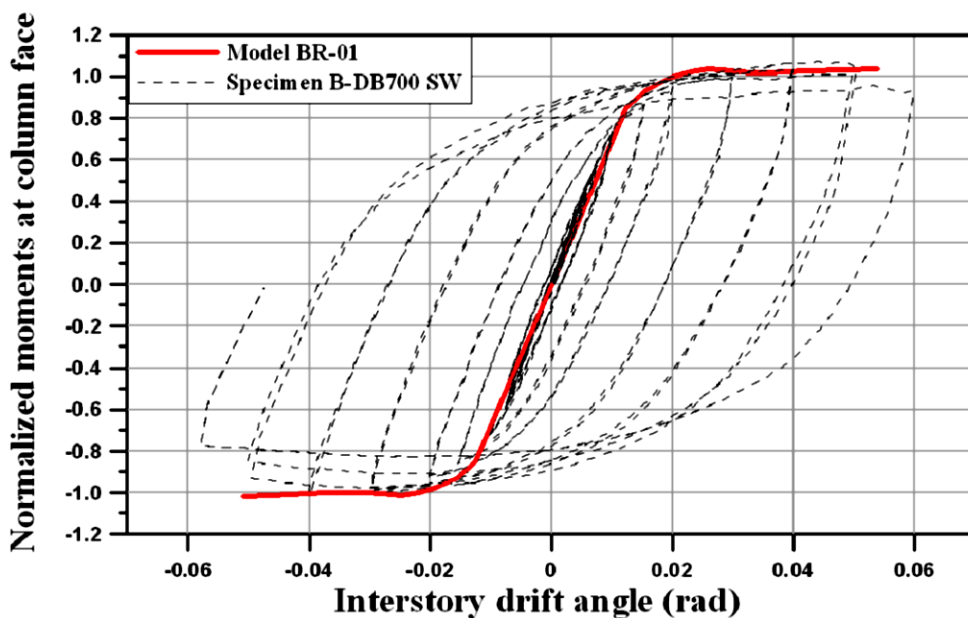
جوش گوشه متصل شده است. مشخصات نمونه B-DB 700-SB مشابه نمونه B-PB700-SW ee می باشد. با این تفاوت که در نمونه B-DB700-SB جان تیر توسط پیچ و مهره به ورق برشگیر متصل شده است. رفتار نمونه ها تحت آزمایش بدین شرح بود. یک شکست در جوش الکترواسلگ نمونه B-DB700-SB در ۰/۵٪ دریفت ایجاد شد (جوش الکترواسلگ دیافراگم داخلی را به ورق های ستون قوطی متصل می کند) در ادامه این ترک به ورق های ستون قوطی نفوذ کرده و باعث شکست جوش بین ورق های ستون قوطی شد. رفتار نمونه B-DB700-SW تحت بارگذاری در شکل ۳-۲۴ آمده است. همانطور که مشخص است چرخش پلاستیک در این نمونه بیشتر از ۰/۳٪ می باشد.



شکل ۳-۲۳- مشخصات اتصال تیر با مقطع کاهش یافته به ستون قوطی [۱۱]

۳-۳- مطالعاتی که در آنها از دیافراگم داخلی استفاده نشده است.

در مطالعات ارائه شده در این قسمت، از دیافراگم داخلی در درون ستون قوطی استفاده نشده است و برای جلوگیری از ایجاد تغییرشکل‌های بیرون صفحه‌ای در بال ستون قوطی، از روش‌های دیگری مانند سخت کننده خارجی و یا ورق میانگذر استفاده کرده‌اند.



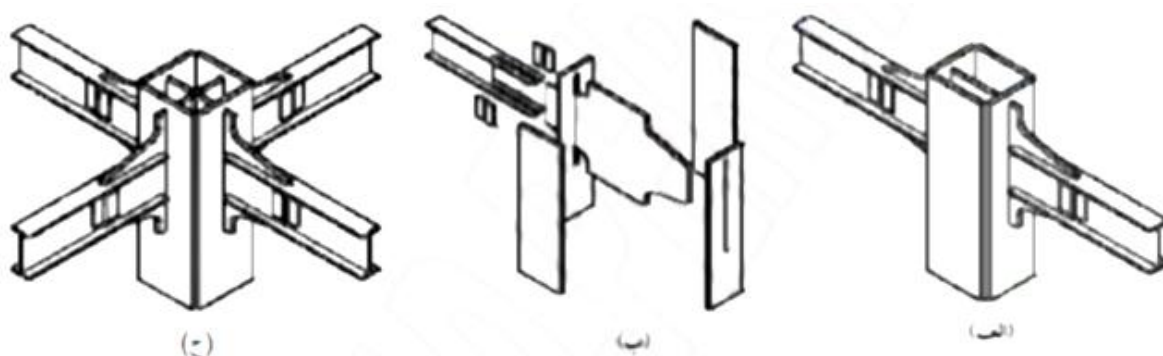
شکل ۳-۲۴- نمودار هیستریزیس نمونه B-DB700-SW [۱۱]

۳-۳-۱- اتصال با ورق میانگذر

ترابیان و همکارانش در سال ۲۰۰۵ [۱۲] در پایان‌نامه کارشناسی ارشد مطالعه عددی روی اتصال خمشی تیر به ستون قوطی با بکارگیری ورق میانگذر انجام دادند و در ادامه در سال ۲۰۰۷ [۲] در پایان‌نامه دکتری مطالعه آزمایشگاهی روی این نوع اتصال انجام دادند. قسمتی از این نتایج آزمایشگاهی در اینجا ارائه می‌شود.

در شکل ۳-۲۵ (الف) نمای کلی از اتصال خمشی تیر به ستون قوطی با استفاده از ورق میانگذر نشان

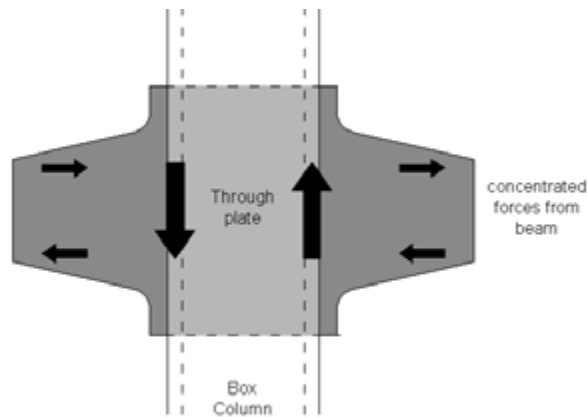
داده شده است .



شکل ۳-۲۵- (الف) نمای کلی اتصال، (ب) روش ساخت ستون با اتصال ورق میانگذر، (ج) اتصال ورق میانگذر در حالت دوطرفه [۲]

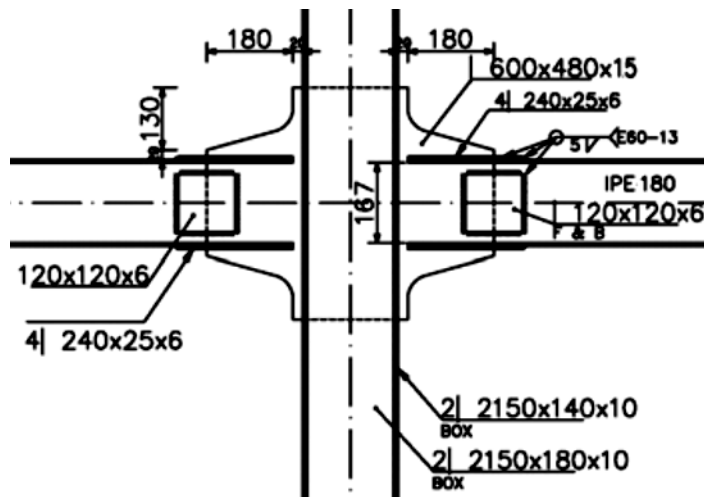
در شکل ۳-۲۵ (ب) روش اجرای اتصال ورق میانگذر در حالت یک‌طرفه نشان داده شده است. ورق‌های ستون و ورق میانگذر بصورت همزمان می‌توانند اجرا و به یکدیگر متصل گردند. برای این منظور باید قبل از مونتاژ ورق‌ها، شکافی به اندازه مورد نیاز برای ورق میانگذر، در ورق‌های ستون ایجاد شود. بعد از اجرای ستون و ورق میانگذر، تیرها که جان آنها به منظور اتصال به ورق میانگذر برداشته شده است، به این ورق متصل می‌گردند. در اتصال تیر به ورق میانگذر، بال‌های تیر بصورت مستقیم به ورق میانگذر جوش می‌شوند و جان تیر نیز از طریق ورق‌های اتصال جان که در دو طرف جان تیر قرار دارند، به ورق میانگذر متصل می‌گردد.

در شکل ۳-۲۵ (ج) اتصال ورق میانگذر در حالت دوطرفه ارائه گردیده است. روش اجرا در حالت دوطرفه نیز مشابه حالت یک‌طرفه می‌باشد. با این تفاوت که ورق‌های میانگذر دو جهت، باید قبل از اجرای ستون، به یکدیگر متصل شوند و سپس ورق‌های ستون که از قبل در آنها شکاف ایجاد شده است به آنها متصل می‌گردند. مکانیزم انتقال نیروها در اتصال تیر به ستون قوطی با ورق میانگذر در شکل ۳-۲۶ نشان داده شده است.



شکل ۳-۲۶ - مکانیزم انتقال نیروها در اتصال تیر به ستون قوطی با ورق میانگذر [۲]

همانطور که در شکل ۳-۲۶ مشاهده می‌شود نیروها عمدتاً بصورت درون صفحه‌ای منتقل می‌گردند. در این تحقیق، ۴ نمونه آزمایشگاهی با مقیاس دو-سوم، برای ارزیابی عملکرد لرزه‌ای اتصال تیر به ستون قوطی با ورق میانگذر ساخته شد. آزمایشات در آزمایشگاه سازه دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تهران انجام شده‌اند. ستون قوطی در هر دو نمونه دارای ابعاد $B-160 \times 200 \times 10 \times 10$ است تیرها در نمونه آزمایشگاهی اول از پروفیل سبک IPE 180 (ساخت چین) و در نمونه آزمایشگاهی دوم از پروفیل استاندارد IPE 180 (ساخت ایران) انتخاب شدند. ورق میانگذر از ورقی مستطیلی با ابعاد $600 \times 480 \times 15$ میلی متر ساخته شده است که گوشه‌های آن با برش گاز برداشته و پخ زده شده است. در شکل ۳-۲۷ جزئیات اتصال نمونه‌ها ارائه گردیده است. تاریخچه بارگذاری طبق الگوی استاندارد پیشنهاد شده توسط آیین نامه AISC می‌باشد.



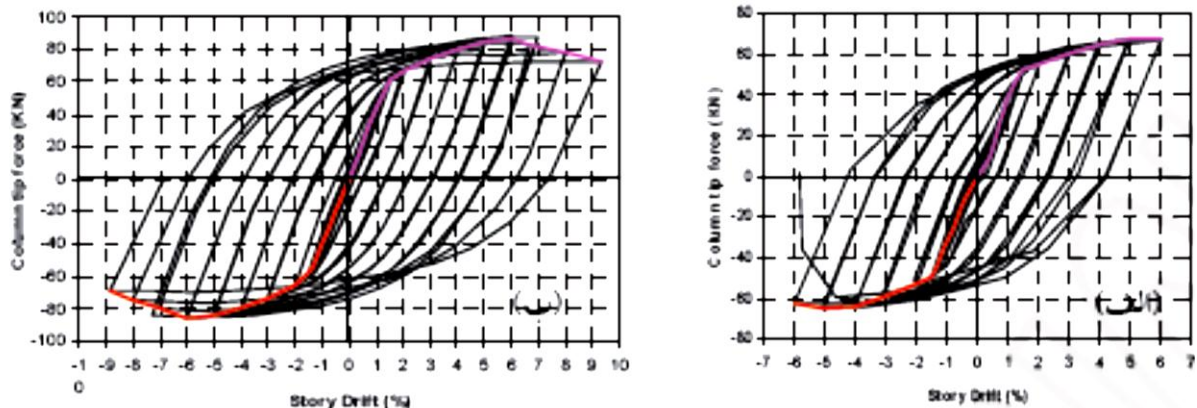
شکل ۳-۲۷- جزئیات اتصال تیر به ستون قوطی با ورق میانگذر [۲]



شکل ۳-۲۸- وضعیت نمونه دوم در انتهای آزمایش [۲]

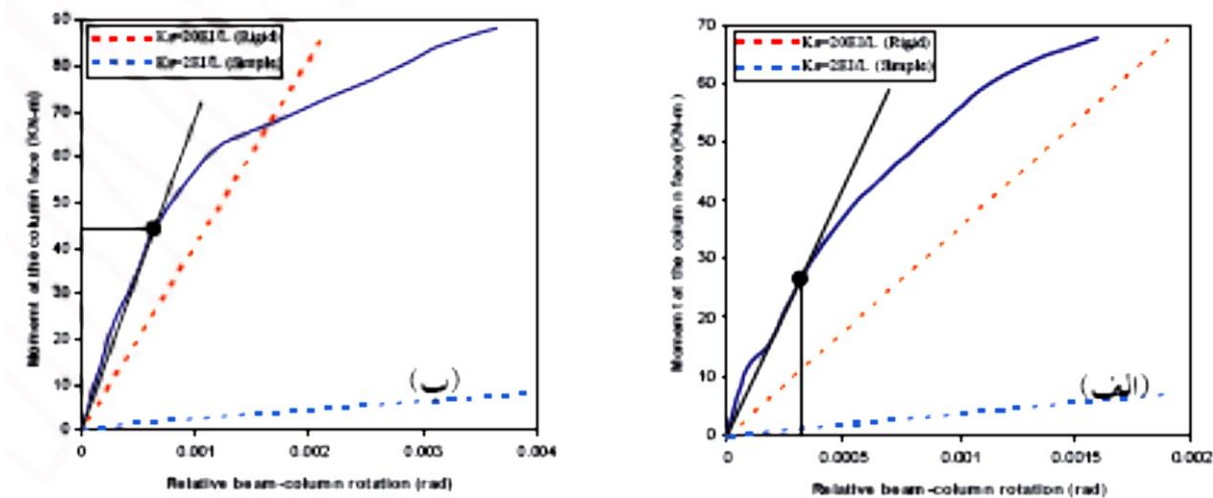
در هر دو نمونه مفصل پلاستیک در تیر ایجاد شد. شکل ۳-۲۸ وضعیت نمونه دوم در انتهای بارگذاری نشان می‌دهد.

منحنی نیرو-زاویه تغییر مکان نسبی کل نمونه اول و دوم طی آزمایش چرخه‌ای، در شکل ۳-۲۹ نشان داده شده است. با توجه به این نمودار مشخص است که نمونه‌ها شکل‌پذیری مناسبی از خود نشان دادند.



شکل ۳-۲۹- منحنی نیرو - زوایه تغییر مکان نسبی کل . (الف) نمونه اول، (ب) نمونه دوم [۲]

در شکل ۳-۳۰ منحنی لنگر - چرخش نسبی تیر به ستون برای هر دو نمونه نشان داده شده است. همانطوری که در این شکل مشاهده می‌شود، با توجه به شیب منحنی لنگر - چرخش در محدوده بارهای سرویس و حدود مطرح شده برای گیرداری اتصال طبق آیین نامه AISC [۸] ، اتصال با ورق میانگذر، گیردار ارزیابی می‌گردد.

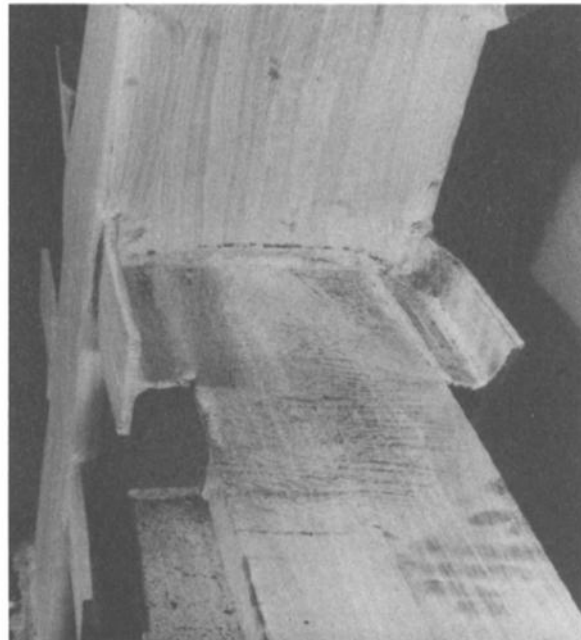
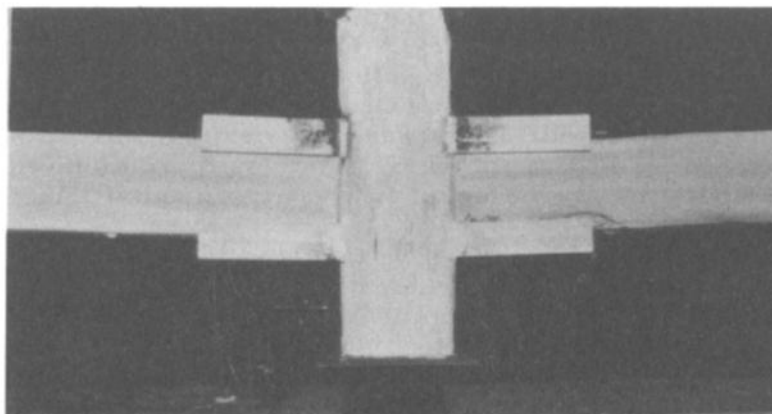


شکل ۳-۳۰- منحنی لنگر - چرخش نسبی تیر به ستون (رسم خط اتصال برای تعیین گیرداری) (الف) نمونه اول، (ب)

نمونه دوم [۲]

در سال ۱۹۹۱ Shanmugam و همکارانش [۱۳] برای بررسی عملکرد اتصال تیر به ستون

قوطی با استفاده از سخت کننده T شکل و نبشی، آزمایشاتی را انجام دادند. در این تحقیق هم سخت کننده‌ها و هم بال‌های تیر به ستون جوش شدند. ایشان نتیجه گرفتند که اتصال با سخت کننده T شکل عملکرد بسیار بهتری نسبت به اتصال با نبشی دارد. شکل ۳-۳۱ میزان تسلیم شدگی در اتصال با سخت کننده T شکل را نشان می‌دهد.

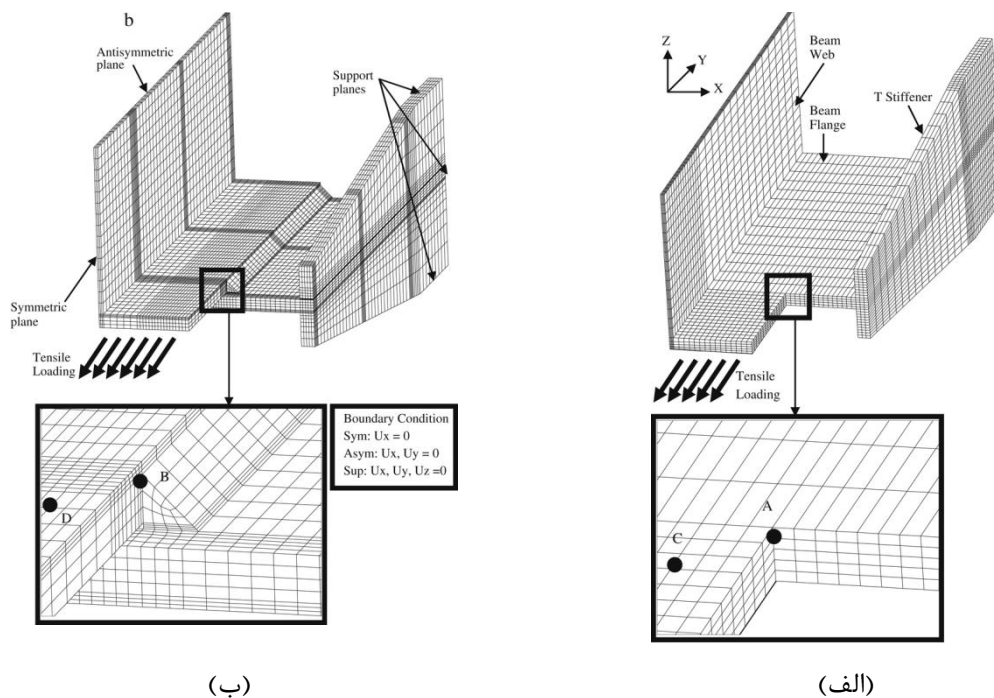


شکل ۳-۳۱- میزان تسلیم شدگی در اتصال با سخت کننده T شکل [۱۳]

قبادی و همکارانش در سال ۲۰۰۹ [۱۴] عملکرد اتصال تیر به ستون قوطی با استفاده از سخت

کننده T شکل را با استفاده از آنالیز عددی بررسی کردند. ایشان برای اتصال سخت کننده T شکل به بال تیر از نوع جوش نفوذی کامل (CJP) و جوش گوشه استفاده کردند. در این تحقیق، سخت کننده‌های T شکل و بال‌های تیر به بال ستون قوطی جوش نشدند و سخت کننده‌های T شکل از یک طرف به بال تیر و از طرف دیگر به جان ستون قوطی جوش شده‌اند.

قبادی از نرم‌افزار ANSYS برای مدل‌سازی استفاده کرد. مدل عددی اتصال T شکل به بال تیر از طریق هر دو نوع جوش (جوش نفوذی کامل و جوش گوشه) در شکل ۳-۳۲ نشان داده شده است.

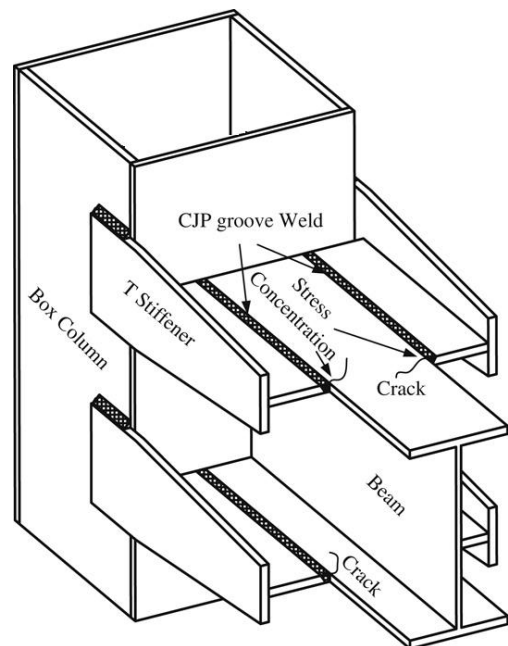


شکل ۳-۳۲- مدل عددی اتصال T شکل به بال تیر از طریق الف) جوش نفوذی کامل، ب) جوش گوشه

گوشه [۱۴]

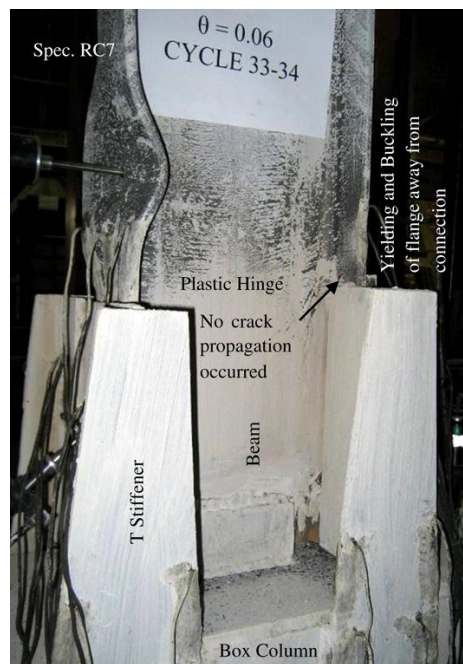
ایشان از اندیس گسیختگی برای مقایسه عملکرد جوش نفوذی کامل و جوش گوشه متصل کننده سخت کننده T شکل به بال تیر استفاده کرد.

مکان محتمل برای ایجاد ترک در این نوع اتصالات در شکل ۳-۳۳ نشان داده شده است. قبادی و همکارانش نتیجه گرفتند که پتانسیل برای ایجاد این ترک در مواردی که از جوش گوشه برای اتصال سخت‌کننده T شکل به بال تیر استفاده شود نسبت به مواردی که از جوش CJP استفاده شود، کمتر می‌باشد.



شکل ۳-۳۳- مکان محتمل برای ایجاد ترک در اتصال با سخت‌کننده T شکل [۱۴]

قبادی و همکارانش [۱۴] یک نمونه آزمایشگاهی از اتصال سخت‌کننده T شکل به بال تیر توسط جوش گوشه را مورد آزمایش قرار دادند. در شکل ۳-۳۴ رفتار این اتصال نشان داده شده است. با توجه به این شکل مشخص است که بدون ایجاد هیچگونه ترکی، مفصل پلاستیک ناشی از تسلیم شدگی و کمانش بال تیر در بیرون از محل اتصال سخت‌کننده T شکل با بال تیر، ایجاد شده است.



شکل ۳-۳۴- نمونه آزمایشگاهی اتصال تیر به ستون قوطی با سخت کننده T شکل [۱۴]

۳-۴- جمع بندی

۳-۴-۱- رفتار اتصال تیر به ستون قوطی بدون دیافراگم داخلی

۳-۴-۱-۱- اتصال بدون تقویت خارجی

ستون قوطی دارای دو جان می باشد. هر دو جان در طرفین ستون قرار دارند. بنابراین در اتصال گیردار تیر به ستون قوطی، نیروهای کششی و فشاری بال های تیر، بصورت نیروهای بیرون صفحه ای به بال ستون منتقل می شوند و سبب ایجاد تغییر شکل های بیرون صفحه ای در بال ستون قوطی می شوند (شکل ۳-۱). این تغییر شکل های بیرون صفحه ای، منجر به ایجاد خطوط تسلیم در بال ستون قوطی می گردند.

۳-۴-۱-۲- اتصال با تقویت خارجی

تعدادی از محققین برای برطرف کردن ضعف های اتصال تیر به ستون قوطی بدون دیافراگم

داخلی از قطعات خارجی استفاده کردند. این قطعات خارجی شامل نبشی، سخت کننده T شکل، ورق کناری و دیافراگم خارجی می‌باشند. قطعات خارجی ذکر شده باعث انتقال مستقیم بارهای کششی و فشاری بال‌های تیر به جان ستون قوطی می‌شوند. Shanmugam و همکاران [۱۳] نشان داد که تقویت اتصال بدون دیافراگم داخلی با نبشی تاثیر چندانی در بهبود عملکرد اتصال ندارد. قبادی [۱۴] نشان داد که تقویت اتصال بدون دیافراگم داخلی با سخت کننده T شکل، سبب بهبود این نوع اتصال می‌شود (به شرط این که اتصال جان سخت کننده T شکل با بال تیر با جوش گوشه انجام شود) و اتصالات تقویت شده با این روش عملکرد مناسبی از خود نشان دادند.

۳-۴-۲- رفتار اتصال تیر به ستون قوطی دارای دیافراگم داخلی

تعدادی از محققین مانند cheng-chin و همکاران [۳]، Shanmugam و همکاران [۷]، و Kim و همکاران [۹ و ۸] از دیافراگم داخلی برای بهبود عملکرد اتصال تیر به ستون قوطی استفاده کردند. ایشان دیافراگم داخلی را روبروی بال‌های بالایی و پایینی تیر در داخل ستون قوطی قرار دادند و در تحقیقات خود نشان دادند که در صورت وجود دیافراگم داخلی، نیروهای کششی و فشاری بال‌های تیر بصورت نیروهای درون صفحه‌ای به بال و جان ستون قوطی منتقل می‌شوند. در نتیجه از ایجاد تغییرشکل‌های بیرون صفحه‌ای در بال ستون قوطی جلوگیری می‌شود. بنابراین اتصال دارای دیافراگم داخلی عملکرد بسیار بهتری نسبت به اتصال بدون دیافراگم داخلی از خود نشان می‌دهد.

انواع اتصالات دارای دیافراگم داخلی که تاکنون مورد بررسی قرار گرفته‌اند، در ادامه ذکر می‌شوند:

۳-۴-۲-۱- اتصال مستقیم

در اتصال مستقیم آزمایش شده توسط Kim [۸] گسیختگی ترد مشاهده شد. علت این گسیختگی ترد را می‌توان اینگونه بیان کرد:

روبروی جان تیر در ستون قوطی سخت‌کننده‌ای وجود ندارد و هر دو جان ستون قوطی در کناره‌ها هستند در نتیجه تغییر شکل بیرون صفحه‌ای در فاصله بین بال‌های تیر (روبروی جان تیر) ایجاد می‌شود. در نتیجه جان تیر در تحمل لنگر خمشی سهم کمتری خواهد داشت و سهم بیشتری از لنگر به بال‌های تیر می‌رسد. بنابراین تمرکز تنش بیشتری در بال تیر ایجاد می‌گردد از طرفی محل اتصال دارای رفتار ترد می‌باشد در نتیجه تمرکز تنش ایجاد شده سبب ایجاد ترک و گسیختگی اتصال می‌گردد.

۳-۴-۲-۲- اتصال تقویت شده

با توجه به مطالب ذکر شده در قسمت قبلی، تمرکز تنش بالائی در جوش محل اتصال مستقیم دارای دیافراگم داخلی ایجاد می‌شود و به علت رفتار ترد فولاد در محل جوش، ترک‌هایی در اثر این تمرکز تنش ایجاد می‌شود. بنابراین cheng-chin و همکاران [۳] اتصال با مقطع افزایش یافته و اتصال تقویت شده با لچکی را مورد بررسی قرار داد. این دو نوع اتصال عملکرد مناسبی از خود نشان دادند.

با توجه به این جمع بندی مشخص است که آزمایشی بر روی عملکرد اتصال تیر به ستون قوطی با ورق‌های روسری و زیرسری انجام نشده است و نیاز به بررسی عملکرد اتصال با ورق‌های روسری و زیرسری می‌باشد. با توجه به اینکه این نوع اتصال در برخی از کشورها از جمله ایران پرکاربرد می‌باشد، در این پایان نامه مورد بررسی قرار گرفته است.

فصل چهارم

مدل سازی نمونه ها

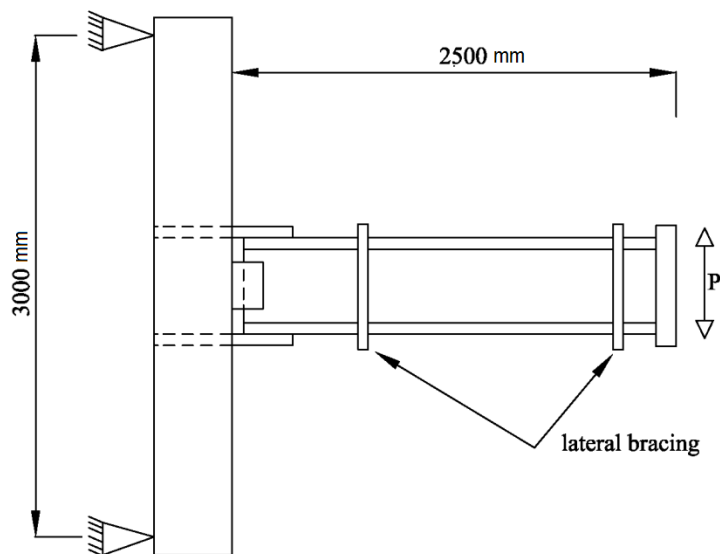
۴-۱- مقدمه

جهت بررسی تاثیر ابعاد هندسی ورق‌های اتصال بر روی رفتار لرزه‌ای اتصال صلب، مدل‌هایی در نظر گرفته شده است. تحلیل انواع مدل‌ها توسط نرم‌افزار اجزای محدود غیرخطی ABAQUS 6-10 صورت پذیرفته است. در ادامه شرح مختصری از هندسه مدل‌ها، المان‌های بکارگرفته شده، مصالح مصرفی فولاد، نحوه مش‌بندی، شرایط مرزی و تکیه‌گاه بیان شده است.

۴-۲- هندسه مدل

هندسه مدل‌ها به صورت پاره‌سازه‌های یک اتصال کناری قاب خمشی فولادی است که به اصطلاح اتصال یک‌طرفه نامیده می‌شود. این شکل مدل تحلیلی مطابق با روش پیشنهادی FEMA می‌باشد. هر مدل از یک ستون قوطی شکل ساخته شده از ورق با ابعاد B- $400 \times 400 \times 20 \times 20$ (mm) تشکیل شده است. که یک تیر I شکل ساخته شده از ورق با ابعاد I- $374 \times 200 \times 8 \times 12$ (mm) به وجه آن متصل می‌گردد.

شکل ۴-۱ شکل کلی نمونه را نشان می‌دهد. این شکل با توجه به نحوه تغییر شکل قاب خمشی تحت اثر بارهای جانبی است که در آن، نقاط عطف در نزدیک وسط اجزاء تیر و ستون تشکیل می‌گردند. در مدل‌ها ارتفاع ستون یعنی فاصله میان تکیه‌گاه مفصلی تحتانی تا تکیه‌گاه مفصلی فوقانی برابر ۳۰۰۰ میلی‌متر می‌باشد و همچنین طول تیر یعنی فاصله میان نوک تیر (محل اعمال بار) تا برستون برابر ۲۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد. در ضمن، با توجه به ضوابط آئین‌نامه AISC، تکیه‌گاه‌های جانبی در انتهای محل مفصل پلاستیک و در نوک تیر (محل اعمال بار) در نظر گرفته شده است.



شکل ۴-۱- هندسه پاره سازه اتصال یک طرفه در مدل سازی نمونه ها

به دلیل پراکنده نشدن و انسجام بیشتر مطالب، جزئیات بیشتر مدل ها برای بررسی پارامتریک در فصل ششم بیان خواهد شد.

۴-۳- المان های مورد استفاده در مدل سازی

با توجه به اینکه تکنیک مش بندی و نوع المان حائز اهمیت می باشد لذا در ابتدا به بررسی نوع المان ها در ABAQUS/CAE می پردازیم.

طیف وسیعی از المان ها در ABAQUS قابل استفاده است که از این جهت توانایی بسیار زیادی به کاربر می دهد تا بتواند انواع مختلف مسائل را مدل کرده و تحلیل نماید.

هر المان دارای پنج ویژگی زیر است :

الف (خانواده^۱

ب (درجات آزادی (که مستقیماً به خانواده المان بستگی دارد)

^۱ Family

پ) تعداد گره ها

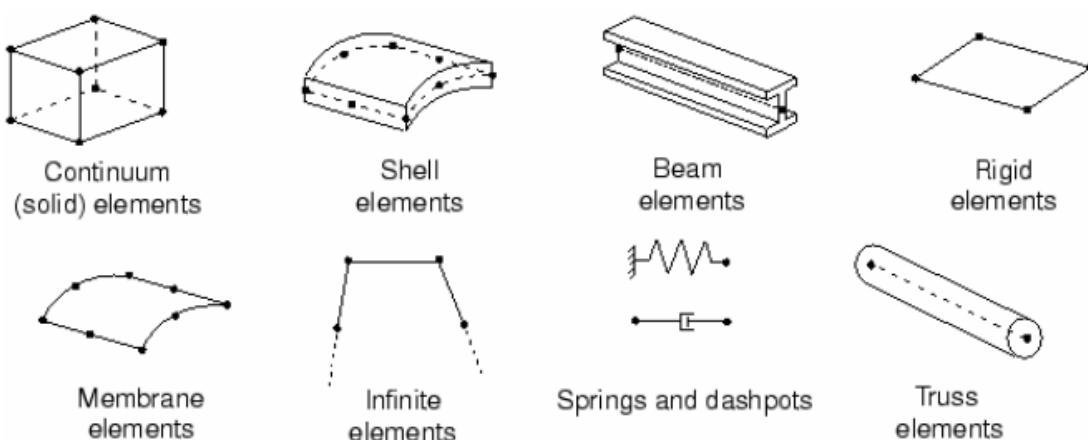
ت) روش فرمول بندی^۱

ث) روش انتگرال گیری^۲

- خانواده :

در نرم افزار ABAQUS هر المان دارای یک اسم منحصر به فرد می باشد، مانند المان های مورد استفاده در این مدل ها، C3D8I، که بیانگر پنج خاصیت آن می باشد.

در شکل (۴-۲) انواع المان های مورد استفاده در ABAQUS که در مسائل تحلیل تنش کاربرد دارند، نشان داده شده است.



شکل ۴-۲- انواع المان های مورد استفاده در ABAQUS [۱۹]

اولین حرف یا حروف که در نام یک المان مشاهده می شود، بیانگر خانواده آن المان است،

مثلا در المان C3D8I حرف C بیانگر این است که این المان از خانواده Continuum یا

^۱ Formulation

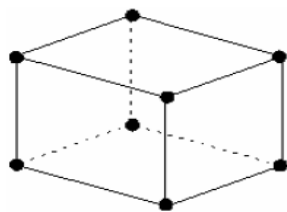
^۲ Integration

Solid می باشد.

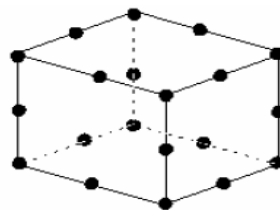
- درجات آزادی :

متغیر اصلی در تحلیل اجزای محدود درجات آزادی به حساب می آیند. در المان مورد استفاده در تحلیل تنش - تغییر مکان، درجات آزادی اصلی تغییر مکان گره های المان می باشند. المان مورد استفاده در مدلسازی دارای گره هایی با ۳ درجه آزادی انتقالی و ۳ درجه آزادی دورانی است که در نهایت دارای ۶ درجه آزادی می باشند.

- تعداد گره ها : المان C3D8I، ۸ گره دارد (فقط در گوشه های خود دارای گره می باشد). در نتیجه این المان از میان یابی خطی در هر جهت استفاده می کند و از این رو المان خطی یا مرتبه اول نامیده می شود (شکل ۴-۳-۱(a)). المان هایی که دارای گره در وسط هر لبه خود می باشند مانند المان C3D20 نشان داده شده در شکل ۴-۳-۱(b) از میان یابی سهموی (مرتبه دوم) استفاده می کنند و از این رو به این المان ها سهموی یا مرتبه دوم می گویند.



(a) Linear element
(8-node brick, C3D8)



(b) Quadratic element
(20-node brick, C3D20)

شکل ۴-۳-۱ المان های C3D با درون یابی مرتبه اول و دوم [۱۹]

- فرمول بندی (Formulation):

فرمول بندی یک المان به تئوری ریاضی تعیین رفتار المان باز می گردد. همه المان های مورد استفاده در تحلیل تنش - تغییر مکان از فرمول بندی لاگرانژ استفاده می کنند. در این نوع فرمول بندی ماده داخل المان تا انتها، داخل المان باقی می ماند و نمی تواند از مرز المان

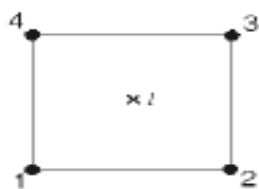
خارج شود.

- انتگرال گیری (Integration):

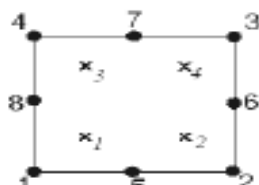
نرم افزار ABAQUS از روش های عددی جهت انتگرال گیری کمیت های مختلف در حجم یک المان استفاده می کند. ABAQUS رفتار ماده را در هر Integration Point یک المان با استفاده از روش مربع سازی گوس محاسبه می کند. مرتبه المان (خطی یا مرتبه دوم) و نحوه انتگرال گیری به دقت جواب در یک تحلیل تنش- تغییر مکان تأثیر می گذارد. نکته حائز اهمیت در نرم افزار ABAQUS، تعداد نقاط گوس برای حل عددی معادله حاصل از تشکیل ماتریس سختی است که مورد پرسش قرار می گیرد. بسیار واضح است که هر قدر تعداد نقاط گوس بیشتر باشد، حل عددی بسیار دقیق خواهد بود. شکل (۴-۴) تعداد نقاط گوس را در المان چهار وجهی مسطحه را نشان می دهد.

اگر از المان C3D8I استفاده شود هر المان دارای آرایه ای ۸ عنصری از Integration Point

می باشد.



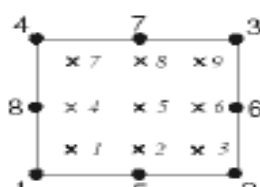
Linear element
(e.g., CPS4R)



Quadratic element
(e.g., CPS8R)



Linear element
(e.g., CPS4)



Quadratic element
(e.g., CPS8)

شکل ۴-۴- تعداد نقاط گوس در المان چهار وجهی مسطحه [۲۰]

گزینه های موجود برای نحوه انتگرال گیری در ABAQUS عبارتند از:

الف) انتگرال کامل^۱

ب) انتگرال کاهش یافته^۲

پ) مدهای ناسازگار^۳

برای تحلیل تنش - تغییر مکان مدل هایی که در آنها خمش همراه با تغییر شکل در اجزای مدل می باشد بهترین گزینه مدهای ناسازگار می باشد، چرا که در ABAQUS برای المان های گزینه انتگرال کاهش یافته کمی سختی مصنوعی در نظر گرفته شده که برای بالا بردن دقت جواب ها بایستی المان ها را ریزتر کرد. همچنین این المان ها تحمل زیادی در برابر اعوجاج دارند. بنابراین در مدل هایی که تغییر شکل ها در قسمتی از مدل حائز اهمیت است، این المان ها نتایج دقیقی نخواهد داد.

در مکان هایی از مدل که تغییر شکل خمشی در آنها زیاد است، استفاده از گزینه انتگرال کامل زیاد قابل اطمینان نمی باشد. چرا که تحت تنش های پیچشی، المان هایی که با این گزینه انتگرال گیری می شوند، قفل می شوند و در آن ها سختی کاذب ایجاد می شود و در نتیجه سختی آنها افزایش می یابد. همچنین قفل شدگی برشی کارآیی این المان ها را در برابر بارهای خمشی کاهش می دهد.

المان های مورد استفاده در مدلسازی، المان مدهای ناسازگار می باشند. این المان ها جهت غلبه بر قفل شدگی برشی که ناشی از عدم توانایی میدان جابجایی المان در مدل سازی

^۱ Fully Integration

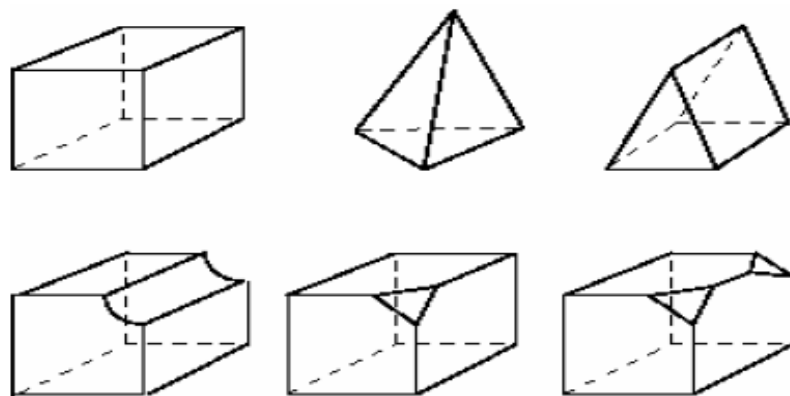
^۲ Reduced Integration

^۳ Incompatible Modes

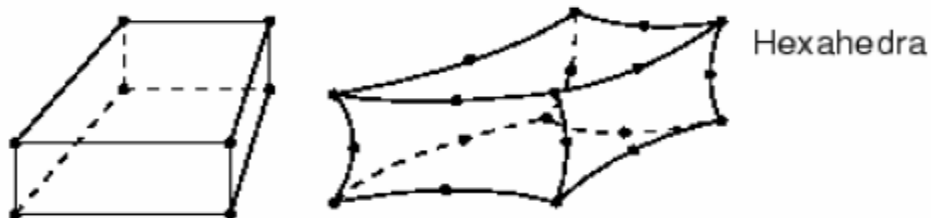
سینماتیک خمش می باشد، درجات اضافی که گرادیان تغییر شکل المان را افزایش می دهند را به المان های مرتبه اول الحاق می کند. این افزایش گرادیان تغییر شکل، سبب می شود که یک المان مرتبه اول بتواند دارای تغییرات خطی گرادیان تغییر شکل در فضای المان باشد. المان های مدهای ناسازگار در مسائل خمشی نتایجی تولید می کنند که می توان آنها را با نتایج بدست آمده از المان مرتبه دوم مقایسه کرد، با این تفاوت که وقت صرف شده در المان های مدهای ناسازگار کمتر است. همچنین این المان ها به اعوجاج حساس می باشند و تنش برشی اضافی که سبب سخت تر شدن غیر واقعی المان در خمش می شود را حذف می نماید. همچنین سختی اضافی ناشی از اثر ضریب پوواسون را در خمش اصلاح می کند.

۴-۴- مش بندی

در نرم افزار ABAQUS روش های مختلفی برای مش بندی مدل موجود می باشد. برای مثال یک مدل را می توان به صورت Free یا به صورت دستی مش بندی کرد. در حالت Free نرم افزار به صورت اتوماتیک اجزای مدل را مش بندی می کند که ممکن است صحیح نباشد و پاسخ درست را در نهایت ندهد. با توجه به اینکه در مدل ها تکنیک مش بندی بسیار مهم است، تمامی مدل ها به صورت دستی مش بندی شده اند. بهترین تکنیک مش بندی در این مدل ها، Structure می باشد چرا که کاربر بیشترین کنترل را بر المانها دارد. در این تکنیک اجزای مدل بایستی از قبل مش بندی به طور دقیق پارتیشن بندی شوند تا مدل به اشکال ساده تری تبدیل شود. اشکال سه بعدی که مش Structure می خورند در شکل (۴-۵) نشان داده شده اند. در المان C3D8I بهترین شکل المان مش بندی در تکنیک Structure از نوع Hex می باشد که در شکل (۴-۶) نشان داده شده است.

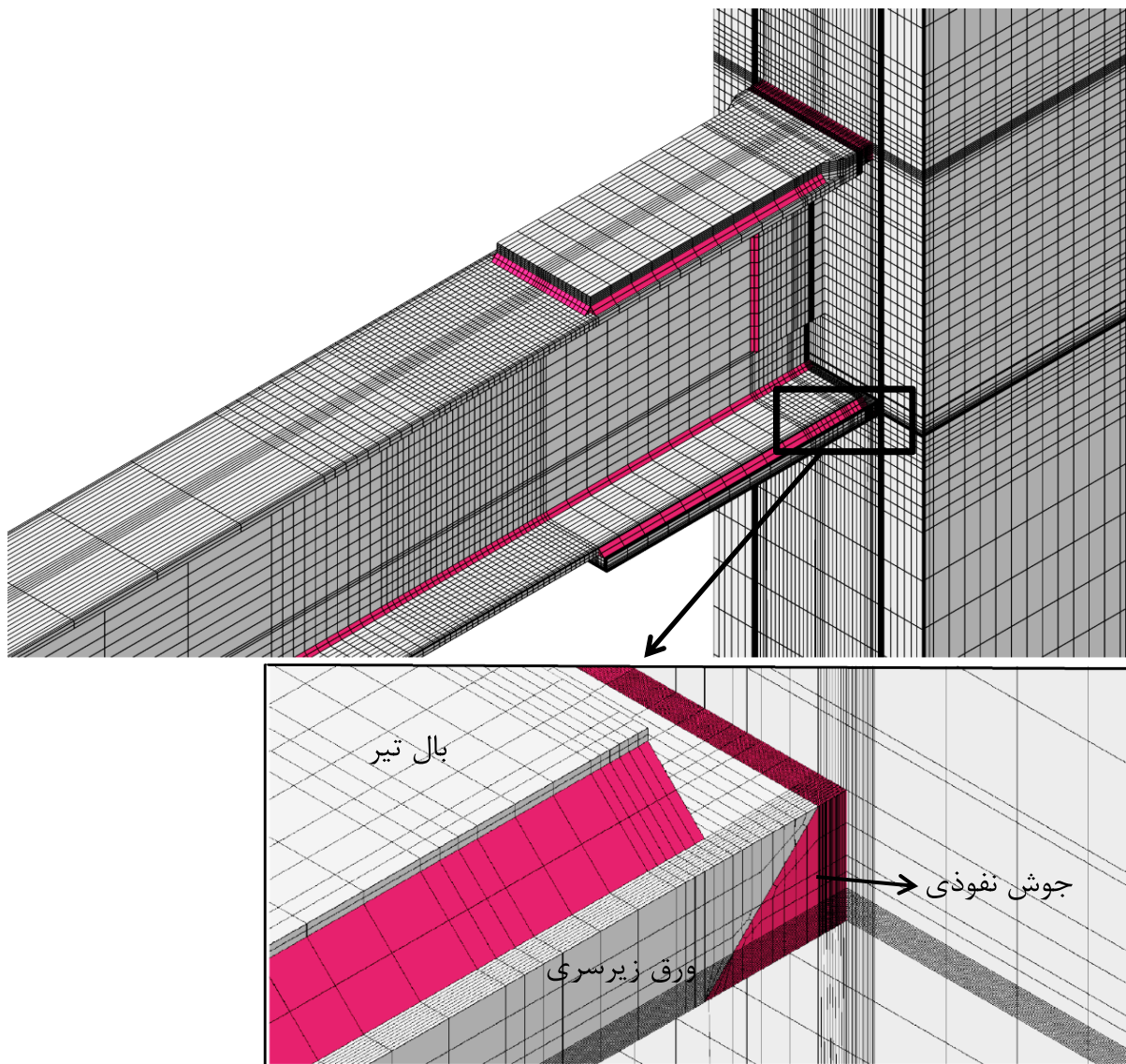


شکل ۴-۵- اشکال سه بعدی که می توان مش Structure استفاده کرد [۱۹]



شکل ۴-۶- نوع المان در تکنیک مش بندی Structure [۲۰]

برای بررسی تنش و کرنش در دو گوشه انتهایی ورق های روسری و زیرسری المان هایی مکعبی با بعد 0.25 mm در این ناحیه ایجاد شدند. اندازه این المان ها براساس تحقیق انجام شده توسط Kanvinde و همکارانش [۱۶] انتخاب شده است.



شکل ۴-۷- مدل مش بندی شده نمونه با تکنیک Structure

۴-۵- شرایط مرزی مدل ها

پایین ستون :

در قسمت پایینی ستون قوطی شرایط مرزی به گونه ای تعریف شده تا از حرکت در جهت قائم ، افقی و هم در جهت عمود بر صفحه (صفحه ای که شامل محور تیر و محور ستون می- باشد) جلوگیری به عمل آید که در اصطلاح تکیه گاه از نوع مفصلی پین شده است. در این تکیه

گاه فقط حرکت دورانی حول محور عمود بر صفحه آزاد می باشد. برای این کار از یک صفحه صلب جهت عدم تمرکز تنش در نقاط تکیه گاهی ستون استفاده شده که این صفحه به لبه مقطع ستون Tie شده است. شرایط تکیه گاهی سر ستون به مرکز این صفحه اعمال می شود.

بالای ستون :

در قسمت بالایی ستون نیز شرایط مرزی به گونه ای می باشد که حرکت قائم، آزاد و حرکت جانبی عمود بر صفحه و در جهت افق مقید شده، که در اصطلاح تکیه گاه مفصلی غلطکی نامیده می شود. جهت عدم تمرکز تنش در قسمت فوقانی ستون در ناحیه نقاط تکیه گاه هایی نیز، یک صفحه صلب همانند قسمت پایینی ستون به کار رفته است.

نوک تیر :

بارگذاری سیکلی که به صورت تغییر مکان دریافت به انتهای تیر طره وارد می شود. بنابراین برای توزیع یکنواخت بار و جلوگیری از تمرکز تنش، یک صفحه صلب در انتهای تیر طره قرار داده شده است که این صفحه به لبه مقطع تیر Tie شده است و تغییر مکان اعمالی به تیر به مرکز این صفحه اعمال می شود.

تکیه گاه جانبی تیرها:

برای جلوگیری از کمانش جانبی - پیچشی تیر، تعدادی از گره های کناری بال تیر در انتهای تیر و در فاصله ای به اندازه عمق تیر از انتهای ورق های روسری و زیرسری در جهت عمود بر صفحه مقید شده اند.

۴-۶- بارگذاری

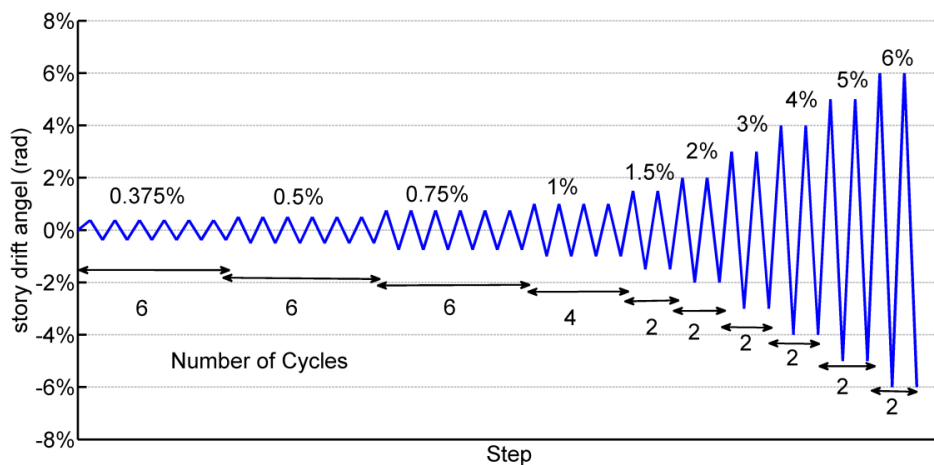
در تمامی مدل هایی که در این پایان نامه مورد مطالعه قرار خواهد گرفت، بارگذاری اتصالات به صورت بارگذاری سیکلیک نوک تیر طره می باشد. تاریخچه بارگذاری مطابق با آئین نامه

ANSI/AISC 341-05 [۱۵] انتخاب شده است، که به صورت تغییر مکان در نوک تیر طره اتصال بر اساس دریافت طبقه می باشد، اعمال می شود.

در نرم افزار ABAQUS برای تعریف بارگذاری سیکلیک ابتدا بایستی در مراحل مدلسازی در مرحله Step، بارگذاری از نوع General Static انتخاب شده و سپس تعداد مراحل بارگذاری را ۶۸ در نظر گرفته که به هر مرحله، یک نصف سیکل (یک رفت یا یک برگشت) اختصاص می یابد تا در انتهای این بارگذاری، اتصال دریافت ۰/۰۶ رادیان را تجربه کند. سپس در مرحله بارگذاری (load) در قسمت Amplitude تاریخچه بارگذاری در ۶۸ مرحله زمانی با توجه به میزان تغییر شکل نوک تیر ناشی از دریافت مربوطه به صورت اعداد مثبت (رفت) و منفی (برگشت) اعمال می شود.

آزمایش سیکلیک اتصالات قاب های خمشی ویژه و متوسط بوسیله کنترل زاویه دریافت طبقه انجام می شود. الگوی بارگذاری به این صورت می باشد:

- (1) 6 cycles at $\theta = 0.00375$ rad
- (2) 6 cycles at $\theta = 0.005$ rad
- (3) 6 cycles at $\theta = 0.0075$ rad
- (4) 4 cycles at $\theta = 0.01$ rad
- (5) 2 cycles at $\theta = 0.015$ rad
- (6) 2 cycles at $\theta = 0.02$ rad
- (7) 2 cycles at $\theta = 0.03$ rad
- (8) 2 cycles at $\theta = 0.04$ rad



شکل ۴-۸- تاریخچه بارگذاری سیکلیک [۱۵]

۴-۷- رفتار مصالح

از مشخصات اندازه گیری شده در آزمایشات انجام شده توسط دیلمی و همکاران [۱۹]

استفاده شده است. این مشخصات در جدول ۴-۱ ارائه شده است.

جدول ۴-۱- مشخصات مصالح اجزای نمونه [۱۹]

ضخامت ورق (mm)	تنش تسلیم (kg/cm^2)	تنش نهایی (kg/cm^2)	ازدیاد طول نسبی (%)
۸	۳۱۰۰	۴۰۰۰	۳۵
۱۲	۳۰۰۰	۴۳۰۰	۳۲
۲۰	۲۹۰۰	۳۹۰۰	۳۷
۲۵	۳۱۰۰	۴۵۰۰	۳۰

فصل پنجم

مدل های گسیختگی نرم

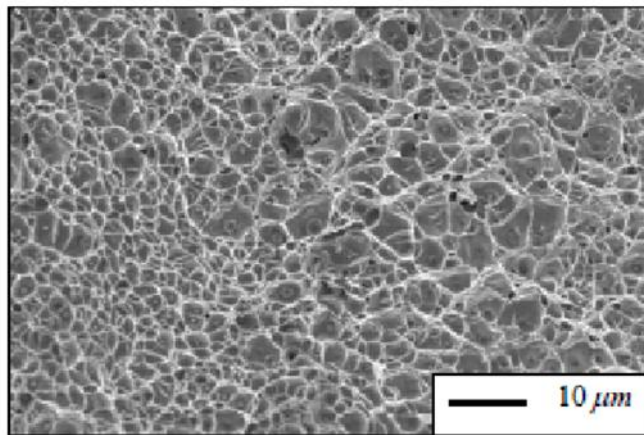
۵-۱- مقدمه

در ماده شکل پذیر نرم مانند فولاد، تحت تنش، حفره هایی اطراف ذرات ثانویه مانند کربن ایجاد می گردد. بر اثر افزایش تنش ها، این حفره ها به همدیگر می پیوندند و باعث ایجاد گسیختگی نرم می گردند. قبل از گسیختگی نرم، تسلیم شدگی زیادی ایجاد می شود. این فرایند را می توان در شکل ۵-۱ مشاهده کرد. اما در گسیختگی ترد، تسلیم شدگی بسیار ناچیز می باشد و این نوع گسیختگی بصورت ناگهانی رخ می دهد. در این فصل، مدل های موجود برای پیش بینی ایجاد ترک در مواد شکل پذیر توضیح داده می شوند و در ادامه محدودیت ها و مزایای هر مدل تشریح می شود.

۵-۲- مدل رشد حفره (VGM)^۱: [۱۷]

مدل VGM برای پیش بینی ایجاد ترک توسط Rice و همکارانش [۱۷] در سال ۱۹۶۹ ارائه

شده است.



شکل ۵-۱- اسکن میکروگراف فولاد نرمه در سطح شکست [۱۷]

^۱VOID GROWTH MODEL(VGM)

مدل VGM که یک مدل نیمه تجربی می باشد، بر اساس رابطه ی ۵-۱ پایه گذاری شده است. این رابطه نرخ رشد یک حفره کروی را در یک محیط بی نهایت، سه بعدی و جامد الاستوپلاستیک کامل نشان می دهد. در این رابطه، نرخ رشد شعاع حفره ($\frac{dR}{R}$) به تنش سه محوری (نسبت تنش فون مایسز به تنش هیدرواستاتیک $T = \frac{\sigma_m}{3}$) و کرنش پلاستیک معادل بستگی دارد.

$$\frac{dR}{R} = C \exp(1.5T) d\bar{\epsilon}^P \quad (1-5)$$

$\bar{\epsilon}^P$ کرنش پلاستیک معادل است. متغیر C پارامتری است که به خصوصیات مصالح مربوط می باشد. با انتگرال گیری از طرفین رابطه ۵-۱، رابطه زیر بدست می آید:

$$\int \exp(1.5T) d\bar{\epsilon}^P = \int \frac{dR}{RC} \quad (2-5)$$

در لحظه ی شروع ترک رابطه ی ۵-۲ به صورت زیر بیان می شود.

$$\int \exp(1.5T) d\bar{\epsilon}^P = \frac{\ln\left(\frac{R_{critical}}{R_0}\right)}{C} \quad (3-5)$$

در رابطه فوق، R_0 شعاع اولیه ی حفره و $R_{critical}$ شعاع بحرانی حفره می باشد.

بنابراین در صورت ارضا شدن رابطه ی زیر، ترک ایجاد خواهد شد.

$$\int \exp(1.5T) d\bar{\epsilon}^P \geq \frac{\ln\left(\frac{R_{critical}}{R_0}\right)}{C} = \alpha \quad (4-5)$$

پارامتر α به خصوصیات مواد بستگی دارد و چقرمگی شکست نامگذاری شده است. عبارت سمت چپ رابطه ۵-۴ ($\int \exp(1.5T) d\bar{\epsilon}^P$) اندیس گسیختگی نامیده می شود و در این پایان نامه برای بررسی اثر پارامترهای هندسی بر عملکرد اتصالات مورد استفاده قرار گرفته است. برای استفاده از این اندیس، برنامه ای نوشته و به نرم افزار لینک شد. برنامه لینک شده به نرم افزار، مقدار اندیس را محاسبه می کند.

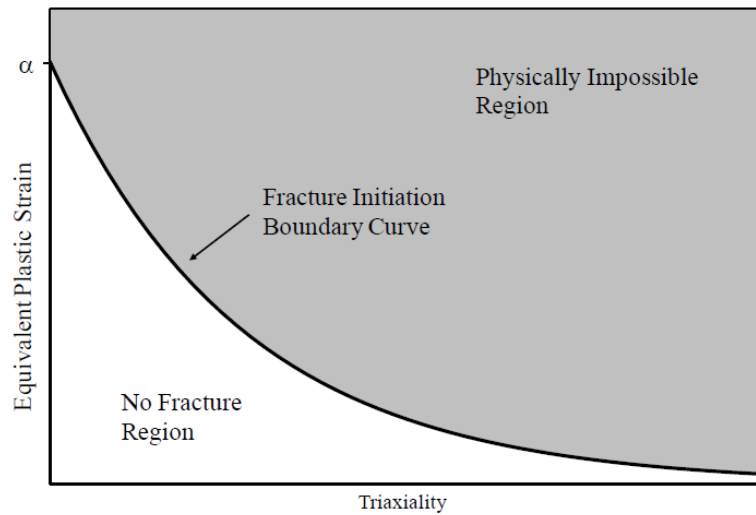
۵-۳ مدل^۱ SMCS: [۱۸]

در مدل VGM نیاز به انتگرال گیری می باشد. انتگرال گیری سبب افزایش زمان و هزینه‌ی انجام آنالیز می شود. به همین دلیل محققان به دنبال مدل ساده‌تری بودند. در سال ۱۹۷۶، Hancock و همکارانش [۱۸] با این فرض که مقدار تنش سه محوری طی بارگذاری بدون تغییر باقی بماند (این فرض در مورد اتصالات درست نمی‌باشد و به همین دلیل از مدل VGM در این پایان‌نامه استفاده شد (رابطه ۴-۵))، رابطه ۴-۵ را به رابطه ۵-۵ تبدیل کردند:

$$\exp(1.5T)\bar{\epsilon}^p \geq \alpha \quad (۵-۵)$$

در روش SMCS، بر خلاف روش VGM نیازی به انتگرال گیری نیست. مفهوم روش SMCS را می‌توان توسط شکل ۲-۵ نشان داد. با توجه به این شکل، در هر ترکیبی از تنش و کرنش که در زیر نمودار نشان داده شده قرار بگیرد، شکست رخ نمی‌دهد. اما در مواردی که ترکیب تنش و کرنش روی نمودار قرار گیرد، شکست رخ می‌دهد. امکان وجود ترکیبی از تنش و کرنش در بالای نمودار نیست، چرا که قبل از به وجود آمدن چنین ترکیبی، شکست رخ داده است.

^۱Stress Modified Critical Strain(SMCS)

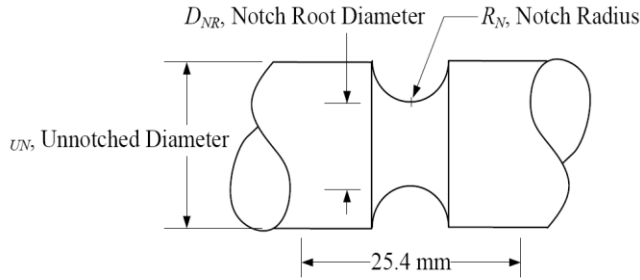


شکل ۵-۲ مفهوم روش SMCS [۱۸]

۵-۴- نحوه تعیین چقرمگی شکست α براساس نتایج آزمایشگاهی و عددی [۱۶]:

ابتدا یک نمونه CNT از ماده مورد نظر تهیه می شود. هندسه نمونه CNT در شکل ۵-۳ نشان داده شده است. ابعاد این نمونه بر اساس استاندارد ASTM2002 تعیین می گردد. در ادامه، نمونه CNT تحت کشش قرار می گیرد. در این نمونه ترک در مرکز مقطع دارای شعاع مینیمم ایجاد می شود و همزمان به صورت ناگهانی شکست نمونه در این مقطع رخ می دهد (زمان ایجاد ترک و زمان شکست ناگهانی در نمونه یکسان می باشد). میزان جابجایی نمونه در هنگام شکست نمونه (Δ_i) تعیین می گردد. در ادامه مدل عددی این نمونه آماده می شود و میزان تنش سه محوری و کرنش پلاستیک معادل در مرکز سطح مقطع نمونه در هنگامیکه جابجایی مدل برابر با (Δ_i) می شود، تعیین می گردد. با جایگذاری این مقدار تنش سه محوری و کرنش پلاستیک در رابطه زیر مقدار پارامتر α تعیین می شود.

$$\exp(1.5T)d\bar{\epsilon}^P = \alpha \quad (۵-۶)$$



شکل ۳-۵ شماتیک نمونه CNT [۱۶]

۵-۵ مدل CVGM^۱: [۱۶]

مدل SMCS و VGM فقط برای پیش بینی زمان ایجاد ترک در عناصر سازه ای تحت بارگذاری مونوتونیک کاربرد دارند. با توجه به اینکه عناصر سازنده ساختمان تحت بارگذاری چرخه ای قرار می گیرند، این مدل ها را نمی توان برای پیش بینی زمان ایجاد ترک در عناصر ساختمانی به کار برد. البته با استفاده از این مدل تا حدودی می توان برای پیش بینی مکان ایجاد ترک و بررسی تاثیر برخی از پارامترهای هندسی روی عملکرد اتصالات استفاده کرد. محققان به دنبال مدلی بودند که تحت بارگذاری چرخه ای بتواند ترک را پیش بینی کنند. Kanvinde و همکارانش [۱۶] مدل CVGM را ارائه کردند. ایشان نرخ رشد یک حفره کروی تحت بار چرخه ای را به صورت زیر بیان کردند:

$$\frac{\ln\left(\frac{R}{R_0}\right)}{C} = \sum_{\text{tensile cycles}} \int \exp(|1.5T|) d\bar{\epsilon}^p - \sum_{\text{compressive cycles}} \int \exp(|1.5T|) d\bar{\epsilon}^p \quad (7-5)$$

^۱CYCLIC VOID GROWTH MODEL(CVGM)

این رابطه بر اساس رابطه‌ی ۵-۲ پایه گذاری شده است. مشابه مدل VGM، در صورت ارضا شدن رابطه‌ی زیر، ترک ایجاد می شود.

$$\sum_{\text{tensile cycles}} \int \exp(|1.5T|) d\bar{\epsilon}^p - \sum_{\text{compressive cycles}} \int \exp(|1.5T|) d\bar{\epsilon}^p = \quad (8-5)$$

$$\frac{\ln\left(\frac{R_{\text{critical}}}{R_0}\right)}{C} = \exp(-\lambda D)\alpha$$

پارامتر λ با استفاده از آنالیز عددی و آزمایشگاهی نمونه CNT تحت بارگذاری سیکلیک تعیین می شود. پارامتر D را می توان با استفاده از رابطه زیر مشخص کرد .

$$D = \bar{\epsilon}_{\text{compression}}^p = \sum_{i=1}^N \int_{t_i^{\text{initial}}}^{t_i^{\text{final}}} \sqrt{\frac{2}{3} d\epsilon_{ij}^p d\epsilon_{ij}^p} \quad (9-5)$$

در رابطه ۵-۹ انتگرال بر روی سیکل های ایجاد کننده فشار بر روی المان انجام می گیرد n. شماره آخرین سیکل ایجاد کننده فشاری می باشد .

حاصل عبارت $\frac{\sum_{\text{tensile cycles}} \int \exp(|1.5T|) d\bar{\epsilon}^p - \sum_{\text{compressive cycles}} \int \exp(|1.5T|) d\bar{\epsilon}^p}{\exp(-\lambda D)\alpha}$ اندیس گسیختگی

چرخه‌ای نامیده می شود. در تحقیقات انجام شده توسط Kanvinde و Deierlein دامنه تغییرات پارامتر λ برای فولاد ساختمانی زیاد بوده است به همین دلیل از این اندیس در پایان نامه کم استفاده شده است و این اندیس فقط برای پیش بینی مکان ایجاد ترک مورد استفاده قرار گرفته است (در این بخش، مقادیر پارامترهای λ و α بترتیب برابر با ۲ و ۱/۲ در نظر گرفته شده است).

فصل ششم

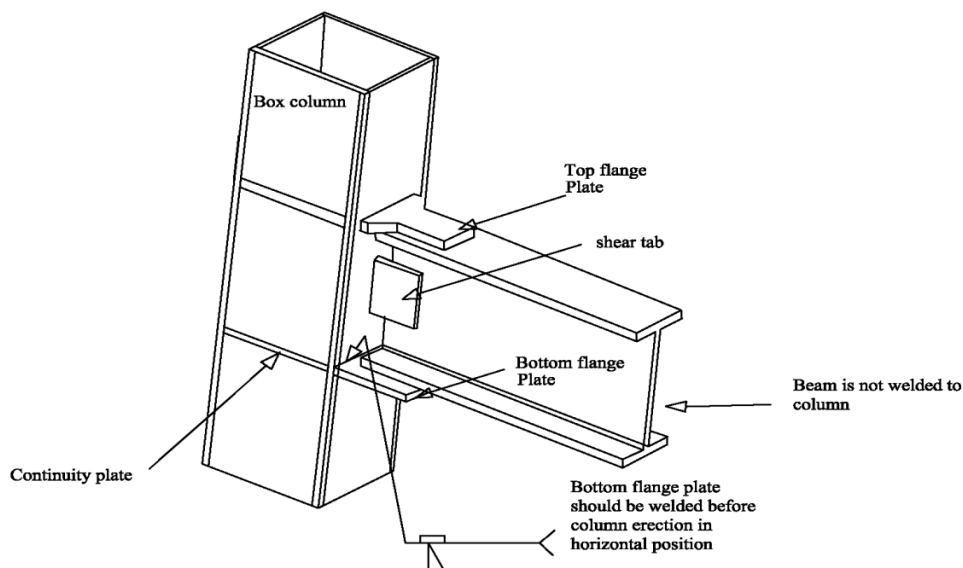
بررسی هندسه ورق‌های روسری و زیرسری و نحوه اتصال آن‌ها به

بال‌های تیر

۱-۶- مقدمه

شکل کلی اتصال با ورق روسری و زیرسری در شکل ۱-۶ نشان داده شده است. هندسه‌ی ورق‌های روسری و زیرسری به نحوی انتخاب شده اند که جوشکاری آنها از لحاظ اجرایی بودن در محل نصب امکان پذیر باشد. این نوع اتصال در گروه اتصال تقویت شده می‌باشد که در داخل ستون از صفحات پیوستگی نیز استفاده شده است.

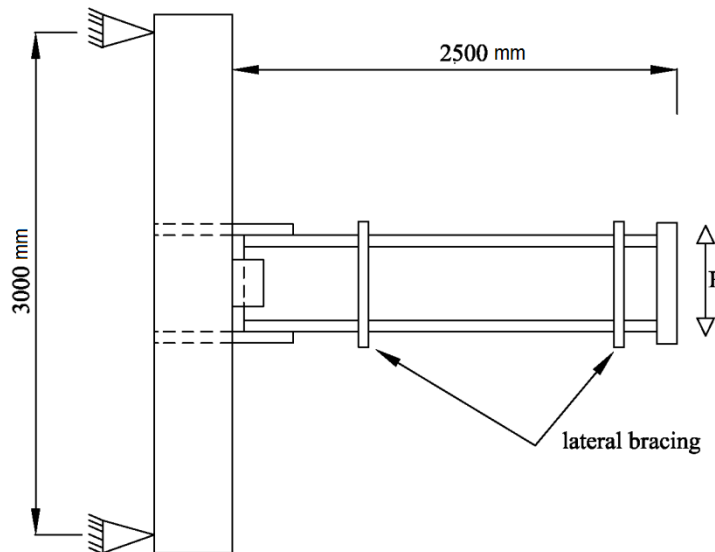
در این فصل ابتدا مراحل طراحی اجزای اتصال مدل اولیه خواهد شد و صحت این مدل عددی توسط نتایج آزمایشگاهی تأیید می‌شود و مدل عددی تأیید شده برای انجام مطالعات پارامتریک بر روی ابعاد ورق‌های روسری و زیرسری مورد استفاده قرار می‌گیرد. توسط این نتایج، تأثیر هندسه جوش گوشه اتصال دهنده ورق زیرسری به بال تیر و طول ورق روسری و زیرسری بر عملکرد اتصال تشریح می‌شود.



شکل ۱-۶- شکل کلی اتصال با ورق روسری و زیرسری

شکل ۲-۶ شکل کلی مدل را نشان می‌دهد. شکل مدل با توجه به نحوه‌ی تغییر شکل قاب

خمشی تحت اثر بارهای جانبی استنتاج شده است که در آن، نقاط عطف در نزدیک وسط اجزاء تیر و ستون تشکیل می‌گردند. در این مدل‌ها ارتفاع ستون یعنی فاصله میان تکیه‌گاه مفصلی تحتانی تا تکیه‌گاه مفصلی فوقانی برابر ۳۰۰۰ میلی‌متر و طول تیر یعنی فاصله میان نوک تیر (محل اعمال بار) تا بر ستون برابر ۲۵۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است. در ضمن مهارهای جانبی در محدوده انتهای محل تشکیل مفصل پلاستیک و در نوک تیر (محل اعمال بار) تعبیه شده است.

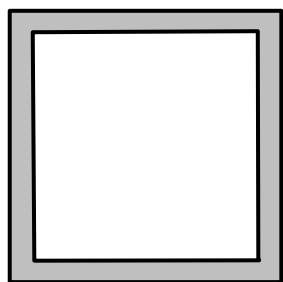


شکل ۶-۲- شکل کلی مدل‌ها

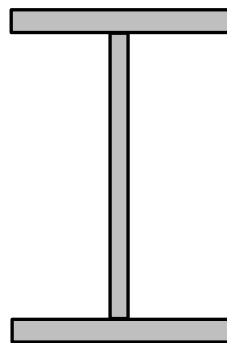
۶-۲- طراحی مدل

۶-۲-۱- بررسی ضوابط لرزه‌ای ابعاد تیر و ستون مدل

ابعاد مقطع تیر و ستون انتخاب شده برای انجام مدل سازی عددی، در شکل ۶-۳ مشاهده می‌شود.



B- 40×40×2×2



I-37.4×20 ×0.8 ×1.2

شکل ۳-۶- ابعاد تیر و ستون مدل‌ها

در جدول ۱-۶ مشخصات هندسی تیر بکاربرده شده ارائه گردیده است. مشخصات هندسی مقطع ستون نیز در جدول ۲-۶ ارائه شده است. مقاطع انتخاب شده به ترتیبی می‌باشند که شرایط فشرده لرزه‌ای برآورده گردد. در جدول ۳-۶ و جدول ۴-۶ جزئیات کنترل عرض به ضخامت لرزه‌ای مقاطع تیر و ستون مطابق با ضوابط AISC360-05 ارائه گردیده است. در جدول ۵-۶ نسبت مقاومت ستون به تیر کنترل گردیده است. ضمناً در مراحل طراحی ابتدا طول ورق-های روسری و زیرسری را 50cm فرض می‌کنیم.

جدول ۱-۶- مشخصات مقطع تیر

مقطع تیر	سطح مقطع	عمق تیر	عرض بال	ضخامت بال	ضخامت جان	مدول پلاستیک	شعاع ژیراسیون محور y
	A_b	d_b	b_f	t_f	t_w	Z_b	r_y
	(cm^2)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm^3)	(cm)
I-37.4×20× 0.8×1.2	76.48	37.4	20	1.2	0.8	1114	4.58

جدول ۶-۲- مشخصات مقطع ستون

شعاع ژیراسیون	مدول	ضخامت جان	ضخامت بال	عرض بال	عمق	سطح مقطع
محور y	پلاستیک	جان	بال		ستون	
r_y	Z_c	t_w	t_f	b_f	d_c	A_c
(cm)	(cm ³)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)
4.6	4336	2	2	40	40	304
مقطع ستون B-40×40×2×2						

جدول ۶-۳- کنترل نسبت عرض به ضخامت لرزه‌ای بال و جان مقطع تیر و تعیین حداکثر فاصله مهار جانبی

حداکثر فاصله مهارهای جانبی (L_b)	عرض به ضخامت فشرده لرزه‌ای جان	عرض به ضخامت فشرده لرزه‌ای بال	عرض به ضخامت جان	عرض به ضخامت بال
$0.09r_y E/F_y$ (cm)	$2.45 \sqrt{E/F_y}$	$0.3 \sqrt{E/F_y}$	h/t_w	b/t
345	70.72	8.66	43.75	8.33
مقطع تیر I-37.4×20×0.8×1.2				

جدول ۶-۴- کنترل نسبت عرض به ضخامت لرزه‌ای بال و جان مقطع ستون

عرض به ضخامت فشرده لرزه‌ای جان	عرض به ضخامت فشرده لرزه‌ای بال	عرض به ضخامت جان	عرض به ضخامت بال
$1.49 \sqrt{E/F_y}$	$0.65 \sqrt{E/F_y}$	h/t_w	b/t
41.86	18.76	18	18
مقطع ستون B- 40×40×2×2			

جدول ۵-۶- کنترل نسبت مقاومت ستون به تیر

نسبت مقاومت تیر به ستون	لنگر پلاستیک ستون	لنگر در مرکز ستون	مقطع تیر
$\frac{\sum M^*_{pb}}{\sum M^*_{pc}}$	$\sum M^*_{pc} = \sum Z_c F_{yc}$ (kN.m)	$\sum M^*_{pb} = \sum M_e$ (kN.m)	
-	2081.3	529	I-37.4×20× 0.8×1.2

لازم به ذکر است که لزوم وجود مهار جانبی در انتهای تیر (محل اعمال بار) به این دلیل است که در مدل‌ها از نصف طول تیر دهانه قاب برای تحلیل استفاده شده است و به علت آزاد بودن انتهای این تیر طره، بر اثر اعمال بار، تیر دچار پیچش می‌شود.

۶-۲-۲- طراحی اتصال مدل

در این بخش، اتصال بین تیر و ستون انتخاب شده در بخش ۶-۲-۱، توسط ورق روسری و زیرسری طراحی می‌شود.

ابتدا مدول پلاستیک تیر محاسبه می‌شود.

$$Z_b = 1114 \text{ cm}^3$$

در ادامه لنگر پلاستیک تیر محاسبه می‌شود. تنش تسلیم بال‌های تیر $3000 \frac{kg}{cm^2}$ می‌باشد

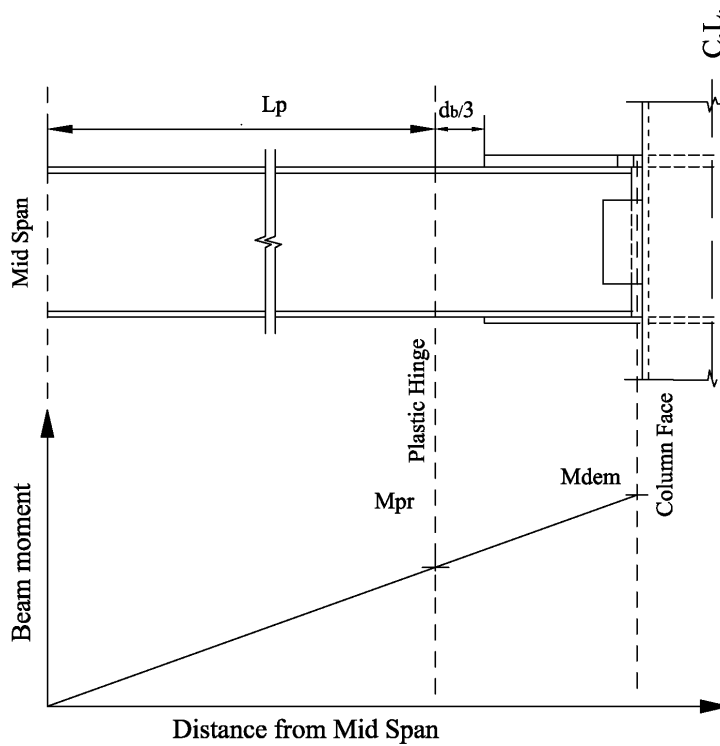
در نتیجه

$$M_{pr} = 1.1 F_{yb} Z_b = 1.1 \times 3000 \times 1114 = 3675.5 \text{ ton.cm}$$

براساس تحقیق انجام شده توسط دیلمی و همکارانش [۱۹]، مرکز مفصل پلاستیک به اندازه

$\frac{d_p}{3}$ از انتهای ورق‌های روسری و زیرسری دورتر می‌باشد در نتیجه دیاگرام لنگر در طول تیر را

می‌توان بصورت نشان داده شده در شکل ۶-۴ رسم کرد.



شکل ۴-۶- دیاگرام لنگر تیر

با توجه به شکل ۴-۶ مشخص می باشد که لنگر در بر ستون (M_{dem}) را می توان از طریق رابطه زیر بدست آورد:

$$M_{dem} = M_{pr} + M_{pr} \frac{L_e}{L_p} = 3675.5 + 3675.5 \times \frac{50 + \frac{37.4}{3}}{(250 - 50 - \frac{37.4}{3})} = 4900 \text{ ton.cm}$$

در رابطه‌ی بالا، L_e فاصله‌ی محل تشکیل مفصل پلاستیک تا بر ستون و L_p فاصله‌ی بین وسط تیر تا مرکز محل تشکیل مفصل پلاستیک می باشد (شکل ۴-۶).

با فرض اینکه تقریباً همه لنگر موجود در بر ستون توسط زوج نیروهای محوری ایجاد شده در ورق های روسری و زیرسری تحمل می شود در نتیجه نیروی محوری در ورق های روسری و زیرسری بدین صورت محاسبه می شوند:

$$p = \frac{M_{dem}}{(d_b + \frac{t_{tp} + t_{bp}}{2})} = \frac{4900}{(37.4 + \frac{2 + 2.5}{2})} = 125 \text{ ton}$$

در رابطه‌ی بالا، t_{tp} ضخامت ورق روسری، t_{bp} ضخامت ورق زیرسری و d_b عمق تیر می باشد.

تنش تسلیم ورق زیرسری $2900 \frac{kg}{cm^2}$ می باشد. عرض ورق زیرسری برابر 23cm انتخاب شده است که حداقل فضای کافی برای جوش گوشه متصل کننده بال تیر به ورق زیرسری موجود باشد در نتیجه ضخامت ورق زیرسری برابر است با:

$$t_{bp} = \frac{p}{F_{yp} b_p} = \frac{125000}{2900 \times 23} = 1.87 \text{ cm} \cong 2 \text{ cm}$$

تنش تسلیم ورق روسری $3100 \frac{kg}{cm^2}$ می باشد. مینیمم عرض ورق روسری برابر 17cm انتخاب شده است که حداقل فضای کافی برای جوش گوشه متصل کننده بال تیر به ورق روسری موجود باشد در نتیجه ضخامت ورق روسری برابر است با:

$$t_{bp} = \frac{p}{F_{yp} b_p} = \frac{125000}{3100 \times 17} = 2.36 \text{ cm} \cong 2.5 \text{ cm}$$

طول ورق های روسری و زیرسری:

طول ورق های روسری و زیرسری این مدل، بر اساس طول جوش گوشه‌ی مورد نیاز برای اتصال ورق های روسری و زیرسری به بال های تیر تعیین شده است. مقاومت جوش گوشه‌ی متصل کننده‌ی ورق های روسری و زیرسری به بال های تیر، حداقل باید به اندازه‌ی مقاومت تسلیم این ورق ها باشد. در نتیجه

$$0.707 * 0.6 * \beta \phi F_{EXX} (L_{wl} t_{wl} + 1.5 L_{wT} t_{wT}) = t_p b_p F_{yp} \quad \text{رابطه (۵-۶)}$$

در رابطه‌ی بالا، F_{EXX} مقاومت اسمی جوش گوشه، L_{wT} طول جوش عرضی، L_{wl} اندازه‌ی

(طول) جوش طولی، t_{WT} بعد جوش عرضی، t_{wl} بعد جوش طولی، ϕ ضریب تقلیل مقاومت و β ضریب بازرسی جوش می‌باشد. سایر مشخصات در بالا تعریف شده است.

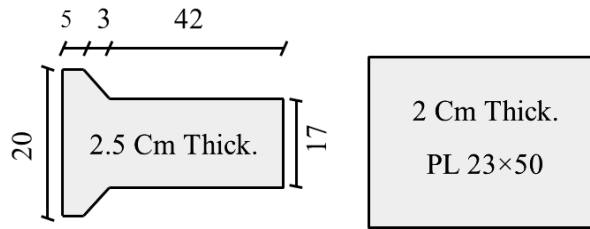
در این مدل فقط از جوش طولی برای اتصال ورق زیرسری به بال تیر استفاده شده است در نتیجه $L_{WT} = 0$. محاسبات مربوط به تعیین اندازه جوش طولی متصل کننده ورق زیرسری به بال تیر در جدول ۶-۶ آورده شده است. با توجه به این که برای این مدل طول ورق‌های روسری و زیرسری ۵۰ سانتیمتر بدست آمده است، این مدل LF50 نامگذاری شده است (مشخصات مربوط به ابعاد تیر و ستون مدل‌ها و دیگر مشخصات آن که برای همه‌ی آنها یکسان است در فصل ۴ تشریح شده است).

جدول ۶-۶- محاسبه طول جوش گوشه متصل کننده ورق زیرسری به بال تیر

مدل	b_p (mm)	t_p (mm)	F_{yp} (MPa)	β	ϕ	EXX	F_{EXX} (MPa)	t_{wl} (mm)	L_{wl} (mm)
LF50	230	20	290	0.75	0.75	E6013	420	10	500

E_{XX} الکتروود مورد استفاده برای جوش گوشه ورق زیرسری به بال تیر، F_{EXX} مقاومت اسمی جوش گوشه می‌باشد.

در نتیجه ابعاد ورق‌های روسری و زیرسری برای مدل LF50 بصورت نشان داده شده در شکل (۵-۶) در نظر گرفته شد.



شکل ۶-۵- ابعاد ورق های روسری و زیرسری برای مدل LF50

تعیین ابعاد صفحه پیوستگی:

ابعاد صفحات پیوستگی بر اساس ابعاد ستون و ورق های روسری و زیرسری بدست می آید. محل قرارگیری صفحات پیوستگی داخل ستون قوطی و روبروی ورق های روسری و زیرسری می باشد به طوری که ضخامت آنها برابر با ضخامت ورق های روسری و زیرسری است. چهار وجه صفحات پیوستگی باید به بال و جان ستون قوطی جوش نفوذی کامل شود.

تعیین ابعاد چشمه اتصال:

ابعاد چشمه اتصال بنحوی طراحی شده است که در آن تسلیم شدگی ایجاد نشود. در نتیجه باید مقاومت تسلیم چشمه اتصال از حداکثر نیروی برشی مورد انتظار وارد بر آن بیشتر باشد. حداکثر نیروی مورد انتظار وارد بر چشمه اتصال در قاب کناری توسط رابطه ی زیر بدست می آید:

$$V_{PZ} = \frac{M_{dem}}{(d_b + \frac{t_{tp} + t_{bp}}{2})} - \frac{(M_{dem} + \frac{M_{dem}}{2L_b} d_c)}{L_c} \quad \text{رابطه (۶-۶)}$$

در رابطه بالا ، d_c عمق ستون و L_c طول ستون می باشد.

مقاومت تسلیم چشمه اتصال از طریق رابطه ی زیر تعیین می شود:

$$V_y = 0.6F_y d_c (2t_{cw}) \quad \text{رابطه (۷-۶)}$$

t_{cw} ضخامت جان ستون می باشد.

جدول ۶-۷ مقاومت تسلیم چشمه اتصال (V_y)، حداکثر نیروی برشی مورد انتظار وارد بر چشمه اتصال (V_{pz}) و نسبت حداکثر نیروی برشی مقاومت به تسلیم چشمه اتصال مورد انتظار وارد بر آن (V_{pz}/V_y) را نشان می دهد.

جدول ۶-۷- چشمه اتصال مدل LF50

مدل	V_y (MPa)	V_{pz} (MPa)	V_{pz}/V_y
LF50	278	110	0.4

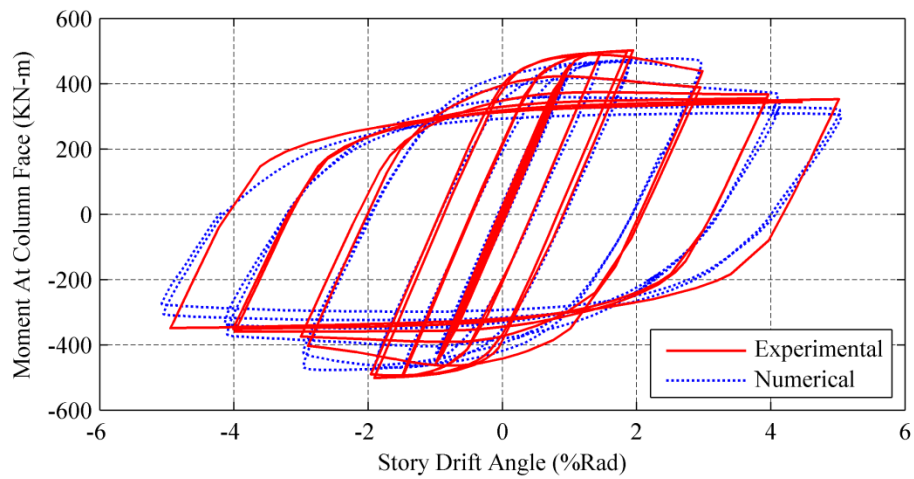
۶-۳- مطالعه عددی

۶-۳-۱- مقایسه رفتار هیستریزس مدل عددی با نمونه آزمایشگاهی

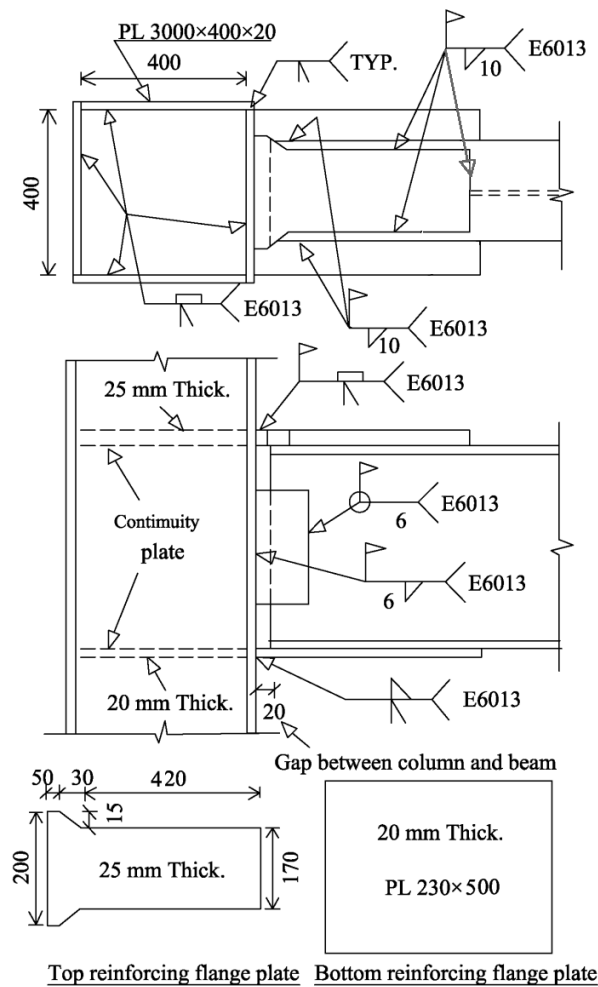
تحلیل اجزا محدود با اعمال تغییر مکان های رفت و برگشتی مطابق با نمودار ارائه شده در شکل ۴-۸ انجام شده است. با توجه به اینکه تا قبل از زاویه تغییر مکان نسبی طبقه ۰/۰۱ رادیان، مدل کاملاً در محدوده ارتجاعی قرار دارد، بنابراین از انجام تحلیل چرخه های در محدوده ارتجاعی صرف نظر گردید.

در شکل ۶-۶ نتیجه تحلیل چرخه های LF50 با نتیجه آزمایش انجام شده در دانشگاه صنعتی امیرکبیر مقایسه گردیده است (جزئیات اتصال نمونه آزمایشگاهی LF50 در شکل ۶-۷ مشاهده می شود). این نتیجه نشان می دهد که مدل تحلیلی چرخه های با نتیجه آزمایشگاهی انطباق مناسبی دارند و مدل تحلیلی ضمن برآورد سختی زیرسازه در محدوده خطی، شروع غیرخطی شدن نمونه و همچنین باربری نهایی آن را بخوبی برآورد می نماید. باید توجه کرد که نمی توان فقط با مقایسه رفتار هیستریزس آزمایشگاهی و عددی، در خصوص تأیید مدل های عددی

اطمینان حاصل کرد و لازم است همه نتایج بدست آمده توسط مطالعات عددی، دارای توجیه منطقی باشند. به همین دلیل در این پایان نامه همه نتایج بدست آمده توسط مطالعات عددی مورد بحث قرار گرفته اند و توجیحات لازم ارائه شده است.



شکل ۶-۶- مقایسه نتایج عددی و آزمایشگاهی نمونه LF50 [۱۹]



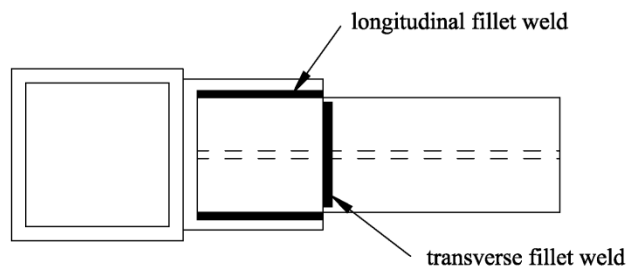
شکل ۶-۷- جزئیات اتصال در نمونه LF50 [۱۹]

۶-۳-۲- بررسی اثر هندسه جوش گوشه متصل کننده ورق زیرسری به بال تیر بر

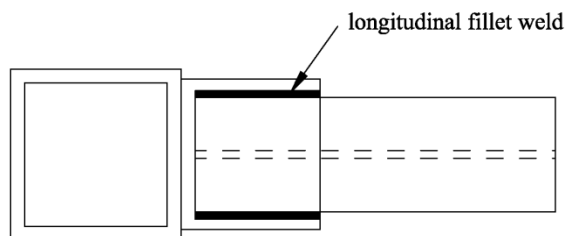
عملکرد اتصال

برای بررسی اثر هندسه جوش گوشه متصل کننده ورق زیرسری به بال تیر بر عملکرد اتصال، (این جوش در انتهای ورق زیر سری آنرا به بال تیر متصل می کند و به صورت جوش گوشه‌ی سقفی می باشد) رفتار مدل LF50-T با LF50 مقایسه شده است. در مدل LF50، ورق زیرسری فقط توسط جوش طولی به بال تیر متصل شده است. مدل LF50-T مشابه مدل LF50 می باشد. با این تفاوت که جوش عرضی به انتهای ورق زیرسری مدل LF50-T اضافه شده است.

جوش عرضی و جوش طولی ورق زیرسری مدل‌های LF50 و LF50-T در شکل ۶-۸ نشان داده شده است. در شکل ۶-۹ کرنش پلاستیک معادل در مدل‌های LF50 و LF50-T نشان داده شده است. تمرکز کرنش پلاستیک در تیر در انتهای جوش طولی متصل کننده ورق زیرسری به بال تیر وجود دارد. (پتانسیل برای ایجاد ترک در این محل وجود دارد). اما در مدل LF50-T وجود جوش عرضی در انتهای ورق زیرسری، مانع از ایجاد تمرکز کرنش پلاستیک در این ناحیه شده است.

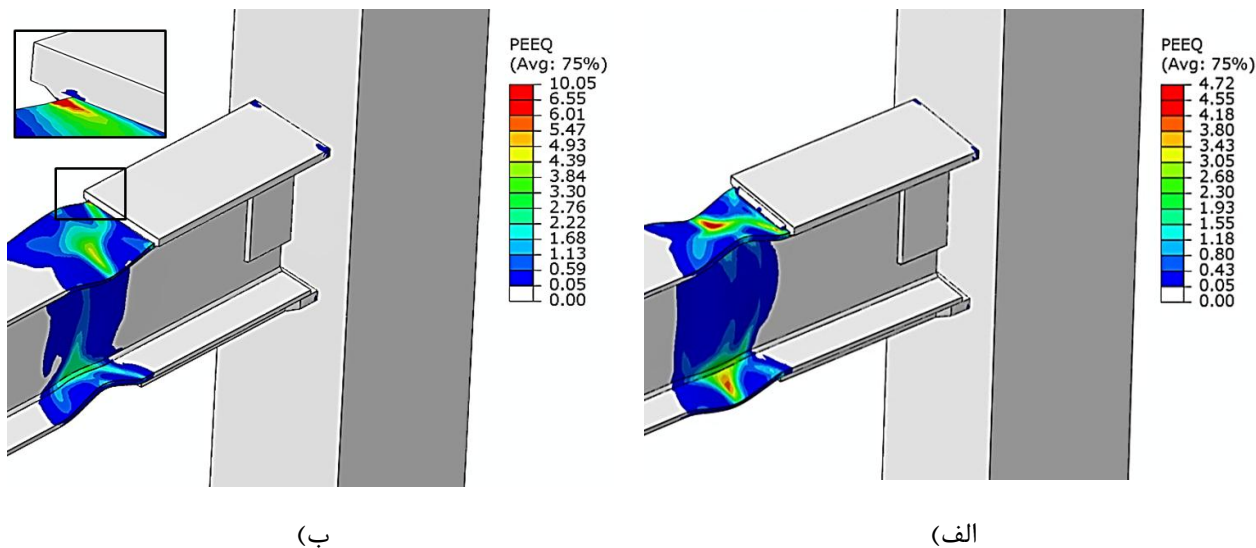


(الف)



(ب)

شکل ۶-۸- جوش عرضی و جوش طولی ورق زیرسری مدل‌های الف) LF50-T و ب) LF50



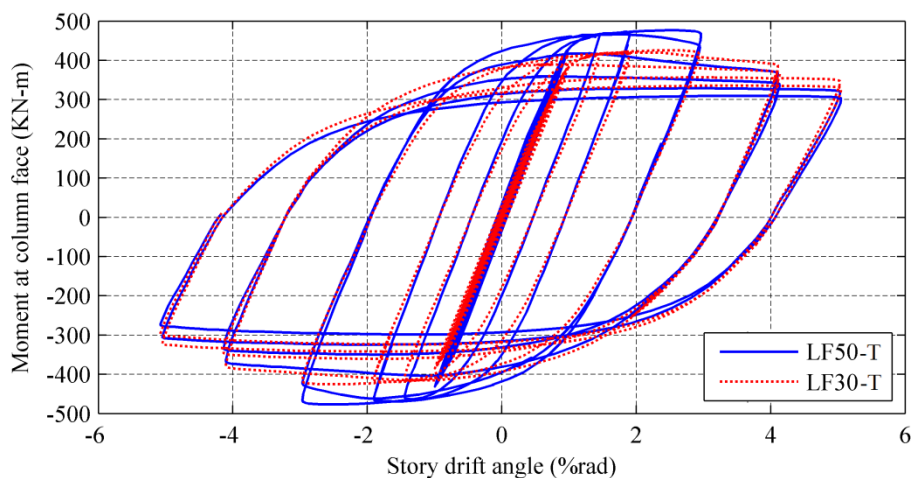
شکل ۶-۹- کرنش پلاستیک معادل در محل ورق زیر سری در مدل‌های الف) LF50-T و ب) LF50

۶-۳-۳- بررسی اثر طول ورق‌های روسری و زیرسری

برای بررسی اثر طول ورق‌های روسری و زیرسری بر عملکرد اتصال، رفتار هیستریزیس مدل LF30-T با مدل LF50-T مقایسه شده است. نمونه LF30-T مشابه مدل LF50-T می‌باشد با این تفاوت که طول ورق‌های روسری و زیر سری از ۵۰۰ میلیمتر به ۳۰۰ میلیمتر کاهش یافته است. طول ورق‌های روسری و زیرسری در مدل LF30-T با فرض $\beta = 1$ و $\phi = 1$ بدست آمده‌اند. در شکل ۶-۱۰ رفتار هیستریزیس دو مدل LF50-T و LF30-T با هم مقایسه شده است. این شکل نشان می‌دهد که ماکزیمم اندازه لنگر در برستون برای مدل LF50-T، ۱۵٪ بیشتر از مدل LF30-T می‌باشد دلیل این موضوع را می‌توان بدین صورت توضیح داد:

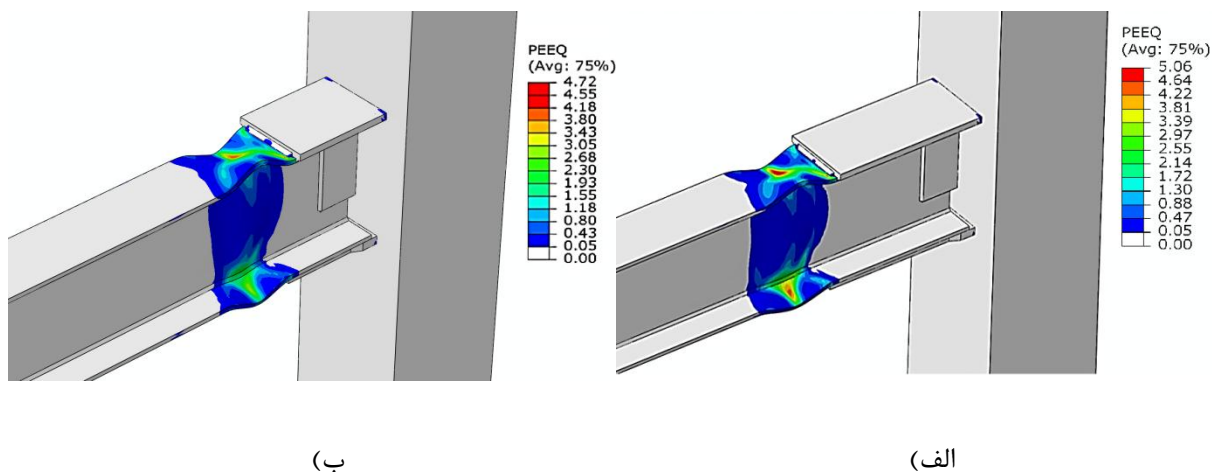
فاصله بین محل تشکیل مفصل پلاستیک و برستون در نمونه LF50-T حدوداً ۵۰ درصد بیشتر از مدل LF30-T می‌باشد و به همین دلیل لنگر در برستون مدل LF50-T بیشتر از مدل LF30-T است.

همچنین شکل ۶-۱۰ نشان می‌دهد که افت مقاومت در مدل LF50-T بیشتر از مدل LF30-T می‌باشد بعنوان مثال افت مقاومت در مدل LF50-T در دررفت ۴ درصد، ۸۲٪ می‌باشد در حالیکه افت مقاومت در مدل LF30-T در دررفت ۴ درصد، ۶۸٪ می‌باشد.



شکل ۶-۱۰- مقایسه رفتار هیستریزیس دو مدل LF50-T و LF30-T

در شکل ۶-۱۱ کرنش پلاستیک معادل در مدل‌های LF50-T و LF30-T نشان داده شده است. با توجه به این شکل مشخص است که میزان کرنش پلاستیک معادل در محل مفصل پلاستیک مدل LF50-T بیشتر از مدل LF30-T می‌باشد.



شکل ۶-۱۱- کرنش پلاستیک معادل در مدل‌های الف) LF50-T و ب) LF30-T

مقایسه رفتار دو مدل LF30-T و LF50-T نشان می‌دهد که با افزایش طول ورق‌های روسری و زیر سری، افت مقاومت مدل بیشتر و احتمال پارگی در محل مفصل پلاستیک تیر نیز افزایش می‌یابد. دلیل این موضوع را می‌توان بصورت زیر توضیح داد:

در اتصال با ورق‌های روسری و زیر سری، محل تشکیل مفصل پلاستیک از بر ستون دور می‌شود و مفصل پلاستیک در تیر در انتهای ورق‌های روسری و زیرسری تشکیل می‌شود. عملکرد مفصل پلاستیک تاثیر عمده‌ای در عملکرد اتصال دارد. دامنه کمانش بال و جان تیر یکی از عوامل مؤثر بر عملکرد مفصل پلاستیک است. افزایش دامنه کمانش بال و جان تیر سبب افزایش افت مقاومت مفصل و افزایش احتمال پارگی در محل مفصل پلاستیک می‌شود. دو عامل زیر بر دامنه کمانش بال و جان تیر تأثیر گذار هستند:

(۱) نسبت عرض به ضخامت بال و جان تیر

با افزایش نسبت عرض به ضخامت بال و جان تیر، کمانش در محل مفصل پلاستیک در دریافت کمتری ایجاد می‌شود و دامنه کمانش بال و جان تیر نیز افزایش می‌یابد.

(۲) چرخش پلاستیک تیر

چرخش پلاستیک تیر توسط چرخش پلاستیک مفصل ایجاد شده در تیر تامین می‌شود. افزایش چرخش پلاستیک مفصل سبب افزایش دامنه کمانش بال و جان تیر می‌شود.

هندسه تیر در دو مدل LF30-T و LF50-T مشابه می‌باشد در نتیجه فشردگی لرنزه‌ای بال و جان تیر هر دو مدل یکسان می‌باشد. اما چرخش پلاستیک تیر در مدل LF50-T بیشتر از چرخش پلاستیک تیر در مدل LF30-T می‌باشد. دلیل این موضوع در ادامه توضیح داده می‌شود:

شکل ۶-۱۲ جابجایی انتهای تیر در دو مدل LF30-T و LF50-T را بصورت شماتیک نشان

می‌دهد. در این شکل، مدل LF30-T مدل A و مدل LF50-T مدل B نامگذاری شده است.

جابجایی کل انتهای تیر را می‌توان بصورت زیر نوشت:

$$\Delta = \Delta E + \Delta P \quad \text{رابطه (۸-۶)}$$

که در آن ΔE و ΔP بترتیب جابجایی الاستیک و پلاستیک انتهای تیر می‌باشند. با توجه به اینکه فاصله بین انتهای تیر و مرکز ستون در هر دو مدل یکسان می‌باشد و رفتار هر دو مدل در یک دریافت یکسان با هم مقایسه می‌شوند، می‌توان نتیجه گرفت که:

$$\Delta_A = \Delta_B \quad \text{رابطه (۹-۶)}$$

از طرف دیگر هندسه تیر و ستون عوامل مؤثر بر جابجایی الاستیک انتهای تیر می‌باشند. با توجه به یکسان بودن هندسه تیر و ستون در هر دو مدل می‌توان نتیجه گرفت که:

$$\Delta E_A = \Delta E_B \quad \text{رابطه (۱۰-۶)}$$

با توجه به روابط ۸-۶، ۹-۶ و ۱۰-۶ می‌توان نوشت:

$$\Delta P_A = \Delta P_B \quad \text{رابطه (۱۱-۶)}$$

چرخش پلاستیک تیر توسط توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود:

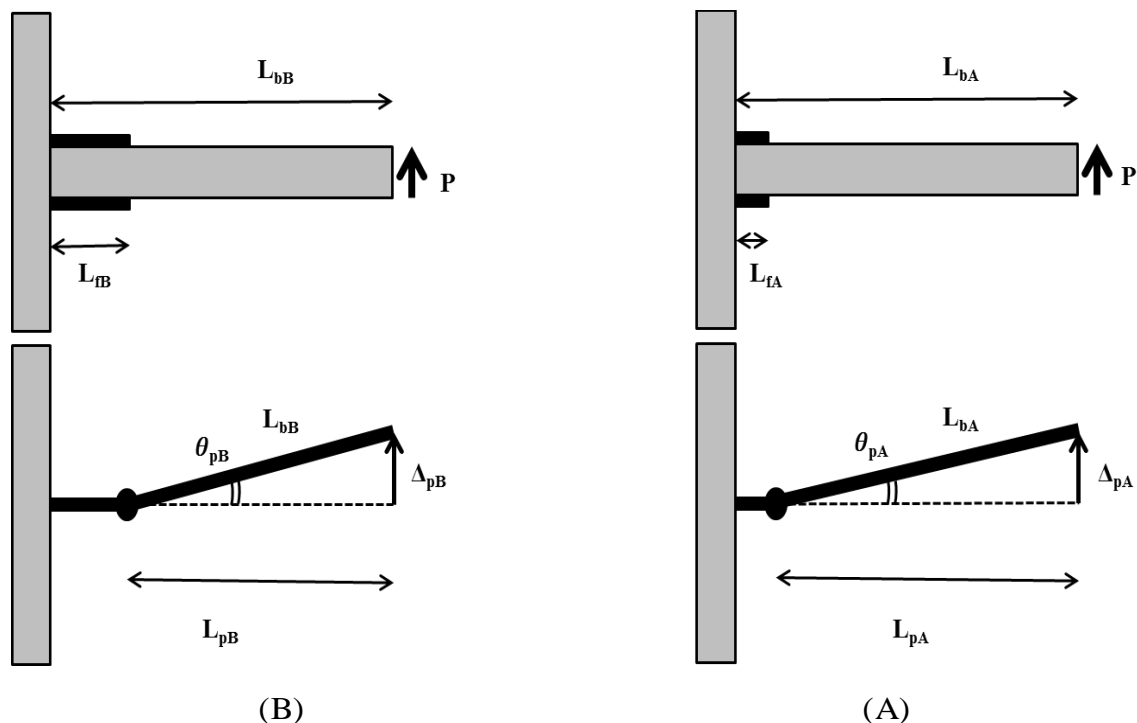
$$\theta_p = \frac{\Delta P}{L_p} \quad \text{رابطه (۱۲-۶)}$$

همانطور که در شکل ۱۴-۶ مشاهده می‌شود.

$$L_{pA} > L_{pB} \quad \text{رابطه (۱۳-۶)}$$

با توجه به روابط ۱۲-۶ و ۱۳-۶ می‌توان نتیجه گرفت که:

$$(\theta_p)_B > (\theta_p)_A \quad \text{رابطه (۱۴-۶)}$$



شکل ۶-۱۲- جابجایی شماتیک انتهای تیر در دو مدل (A) LF30-T و (B) LF50-T

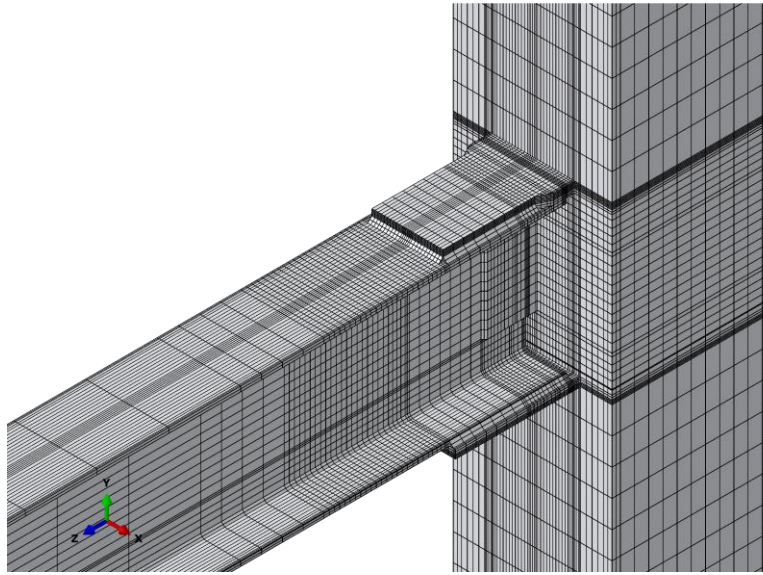
۴-۳-۶- بررسی اثر نوع ستون (قوطی شکل و H شکل) در اتصال با ورق روسری و

زیرسری

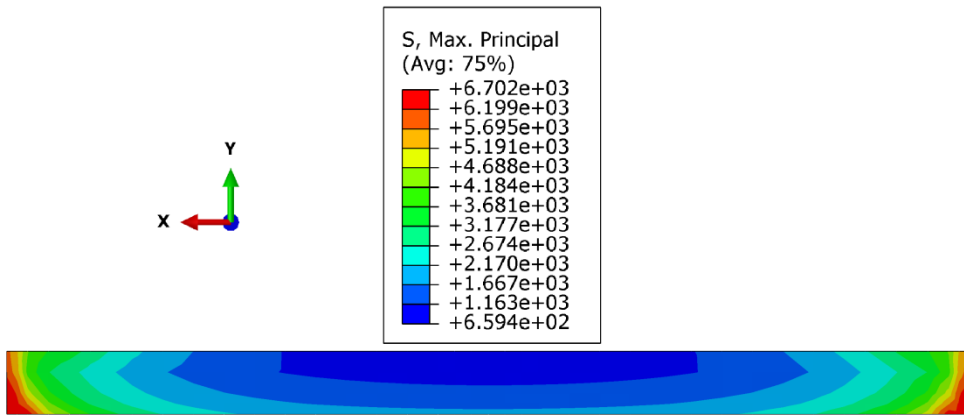
برای بررسی اثر شکل ستون بر عملکرد اتصال، عملکرد دو مدل LF30-T و LF30-T-H با هم مقایسه شده است. مدل LF30-T-H مشابه مدل LF30-T می باشد با این تفاوت که ستون در مدل LF30-T-H، H شکل می باشد ولی ستون در مدل LF30-T، قوطی شکل می باشد. باید توجه کرد که ضخامت بال هر دو ستون با هم برابر هستند و ضخامت جان ستون H شکل برابر با مجموع ضخامت هر دو جان ستون قوطی می باشد. اشکال ۶-۱۳ و ۶-۱۴ مدل اجزای محدود LF30-T و LF30-T-H و همچنین کانتور تنش اصلی ماکزیمم در محل جوش ورق زیرسری به

بال ستون را نشان می دهد و اشکال ۶-۱۵ و ۶-۱۶ مقایسه ماکزیمم تنش اصلی و توزیع اندیس گسیختگی در محل اتصال به ستون برای این مدل ها را نشان می دهد. با توجه به این اشکال مشخص است که ماکزیمم اندیس گسیختگی و تنش اصلی در مدل دارای ستون قوطی در دو گوشه ورق زیرسری ایجاد می شود در حالیکه در مدل دارای ستون H شکل ماکزیمم مقدار اندیس گسیختگی و تنش اصلی در مرکز ورق زیر سری ایجاد می شود. بررسی توزیع تنش و کرنش در محل اتصال ورق زیرسری به ستون دلیل این موضوع را مشخص می کند.

شکل ۶-۱۷ توزیع کرنش پلاستیک در عرض ورق زیرسری در محل اتصال به ستون برای مدل های LF30-T و LF30-T-H را نشان می دهند. با توجه به این شکل مشخص است که در اتصال به ستون قوطی، ماکزیمم کرنش پلاستیک در دو گوشه ورق زیرسری ایجاد می شود اما در اتصال به ستون H شکل ماکزیمم کرنش پلاستیک در مرکز ورق زیرسری ایجاد می شود. تفاوت در این نحوه توزیع کرنش به تفاوت در سختی ایجاد شده توسط جان ستون های قوطی و H شکل مربوط می شود. ستون قوطی دارای دو جان در طرفین خود می باشد در حالیکه در ستون H شکل یک جان در مرکز ستون قرار دارد.



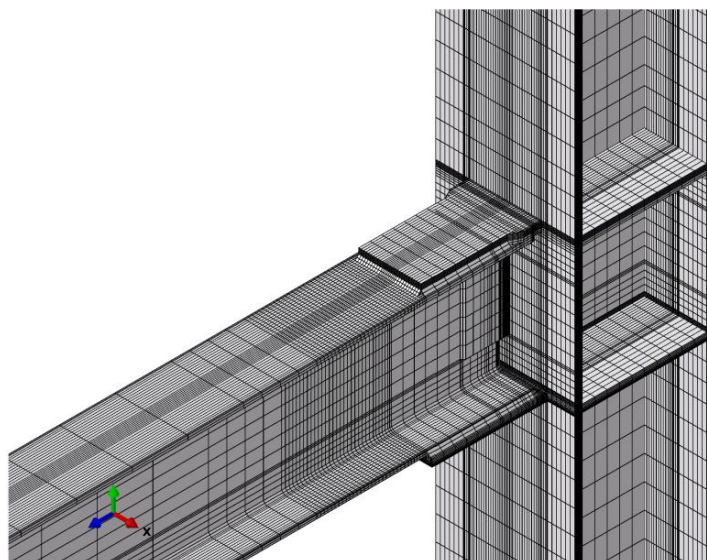
(الف)



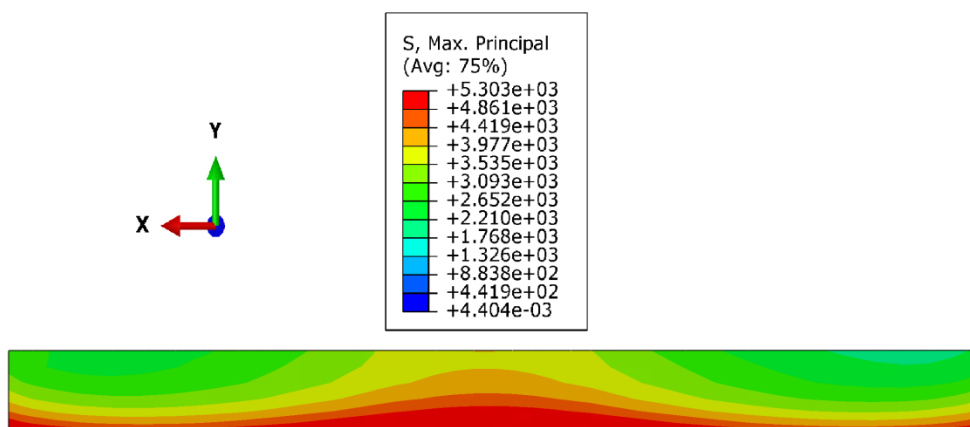
(ب)

شکل ۶-۱۳-الف) مدل اجزای محدود LF30-T ب) کانتور تنش اصلی ماکزیمم در دریافت ۲ درصد در محل

جوش ورق زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری



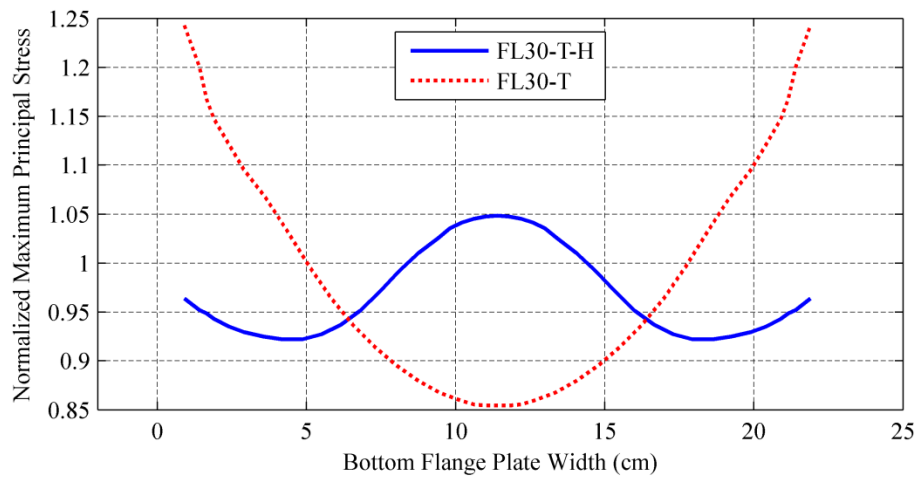
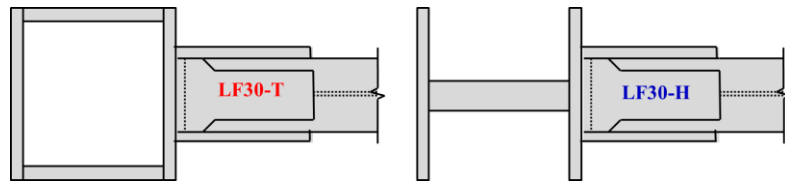
(الف)



(ب)

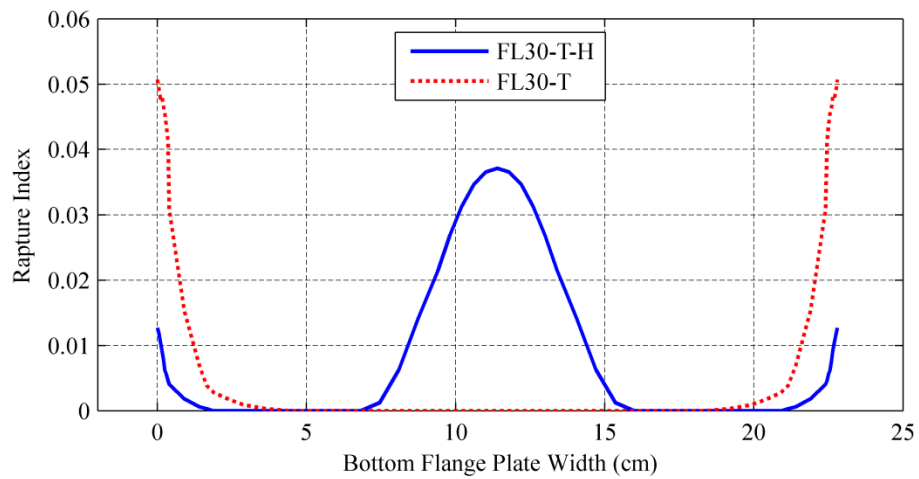
شکل ۶-۱۴-الف) مدل اجزای محدود LF30-T-H (ب) کانتور تنش اصلی ماکزیمم در دریفت ۲ درصد در

محل جوش ورق زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری



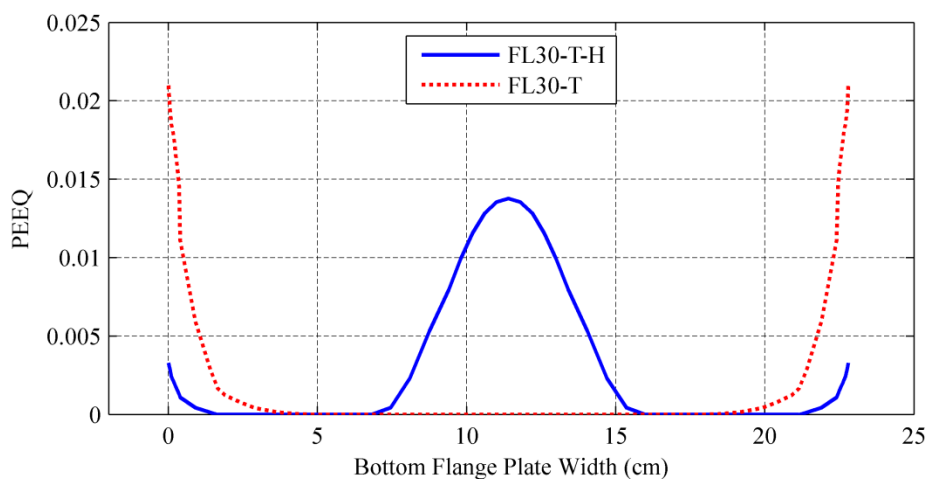
شکل ۶-۱۵- توزیع تنش اصلی ماکزیمم در دریفت ۲ درصد در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون در

عرض ورق زیرسری برای مدل‌های LF30-T و LF30-T-H



شکل ۶-۱۶- توزیع اندیس گسیختگی در ورق تحتانی در محل اتصال به ستون در عرض ورق زیرسری برای

مدل‌های LF30-T و LF30-T-H



شکل ۶-۱۷- توزیع کرنش پلاستیک در ورق تحتانی در محل اتصال به ستون در عرض

ورق زیرسری برای مدل‌های LF30-T و LF30-T-H

۶-۳-۵- بررسی احتمال گسیختگی در دو گوشه انتهایی ورق زیرسری

در بخش ۶-۳-۴ نشان داده شد که در دو گوشه انتهایی ورق زیرسری در اتصال به ستون قوطی، تمرکز کرنش پلاستیک وجود دارد. حال این سوال پیش می‌آید که چرا تمرکز کرنش پلاستیک در این منطقه وجود دارد و آیا می‌توان با روش‌هایی میزان تمرکز کرنش و تنش را کاهش داد؟ در ادامه به این سوالات پاسخ داده می‌شود.

اتصال ورق زیرسری به ورق پیوستگی در ستون قوطی را می‌توان بصورت نشان داده شده در شکل ۶-۱۸ نشان داد. جان‌های ستون قوطی بصورت دو تکیه گاه برای ورق پیوستگی عمل می‌کنند و جوش‌های طولی متصل کننده بال‌های تیر به ورق زیرسری، نیروهای موجود در بال‌های تیر را به ورق زیرسری منتقل می‌کنند. با توجه به شکل ۶-۱۸، می‌توان به سه دلیل برای وجود تمرکز کرنش پلاستیک در دو گوشه انتهایی ورق زیرسری (نقاط A و B) اشاره کرد:

(۱) تغییر شیب ناگهانی جریان انتقال نیرو از ورق زیرسری به بال ستون در دو گوشه انتهایی

(۲) نزدیکی دو گوشه انتهایی ورق زیرسری به تکیه گاه‌ها (دو جان ستون قوطی)

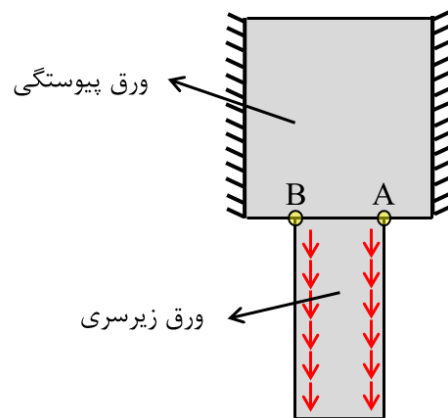
۳) نزدیکی محل بار وارد شده به ورق زیرسری به دو گوشه انتهایی آن با توجه به دلایل ذکر شده می توان سه راه حل برای کاهش تمرکز کرنش پلاستیک و در نتیجه کاهش احتمال گسیختگی در دو گوشه انتهایی ورق زیرسری پیشنهاد داد:

۱) کله گاوی کردن ورق زیرسری (کاهش تغییر شیب ناگهانی در دو گوشه انتهایی)

۲) اضافه کردن یک ورق در مرکز چشمه اتصال و جوش دادن هر چهار طرف این ورق به ورق های پیوستگی و بال های ستون قوطی (ایجاد یک تکیه گاه در وسط ورق زیرسری)

۳) زیاد کردن عرض ورق زیرسری (دورتر کردن محل بار وارد شده به ورق زیرسری از طرف بال تیر از دو گوشه انتهایی آن)

در ادامه، با استفاده از آنالیز عددی، تاثیر این سه روش بر کاهش احتمال گسیختگی در دو گوشه انتهایی ورق زیرسری مورد بررسی می گیرد.

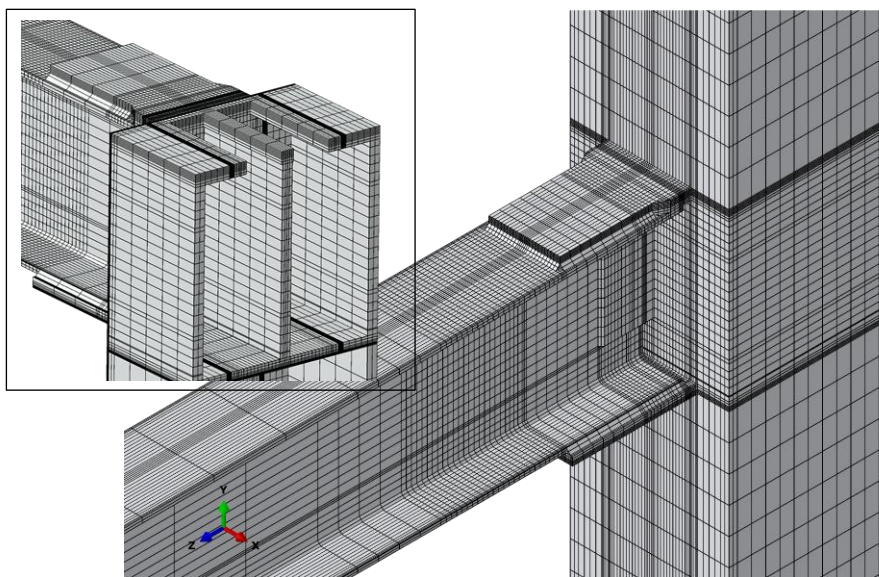


شکل ۶-۱۸- اتصال ورق زیرسری به ورق پیوستگی در ستون قوطی

۶-۳-۵-۱- بررسی رفتار اتصال در صورت وجود ورق در مرکز چشمه اتصال

برای مشخص کردن اثر وجود ورق در مرکز چشمه اتصال بر عملکرد اتصال، رفتار دو مدل LF30-T-Plate و LF30-T در این قسمت مورد بررسی قرار می گیرد. در وسط چشمه اتصال مدل LF30-T-Plate یک ورق قرار دارد (روبروی جان تیر). باید توجه کرد که مجموع ضخامت

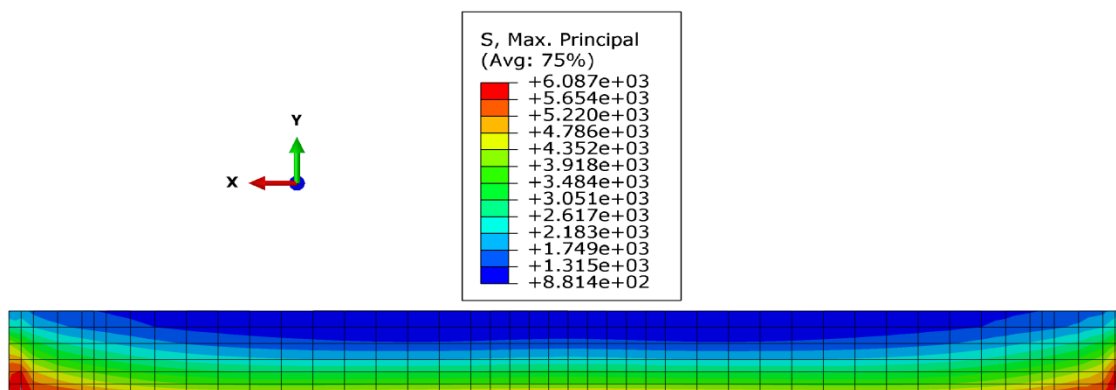
دو جان ستون مدل LF30-T برابر مجموع ضخامت دو جان ستون و ورق موجود در وسط چشمه اتصال مدل LF30-T- Plate می باشد. سایر مشخصات این مدل ها با هم مشابه هستند. آنالیزهای عددی نشان دادند که رفتار هیستریزیس و کانتور کرنش پلاستیک در محل مفصل پلاستیک این دو مدل با هم مشابه می باشند. شکل ۶-۱۹ مدل اجزای محدود LF30-T-Plate و همچنین کانتور تنش اصلی ماکزیمم در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون را نشان می دهد. اشکال ۶-۲۰ و ۶-۲۱ بترتیب مقایسه تنش اصلی ماکزیمم و توزیع اندیس گسیختگی، در عرض ورق زیرسری در محل اتصال به ستون را برای هر دو مدل در دریافت ۲ درصد نشان می دهند. با توجه به این اشکال مشخص است که ماکزیمم مقدار اندیس گسیختگی در مدل های LF30-T و LF30-T-Plate در محل اتصال با ستون بترتیب ۰/۰۵۱ و ۰/۰۳۸ می باشد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که در صورت وجود ورق در وسط چشمه اتصال (روبروی جان تیر) مقادیر اندیس گسیختگی حدود ۲۵ درصد کاهش پیدا می کند.



(الف)

شکل ۶-۱۹-الف) مدل اجزای محدود LF30-T-Plate ب) کانتور تنش اصلی ماکزیمم در دریافت ۲ درصد در

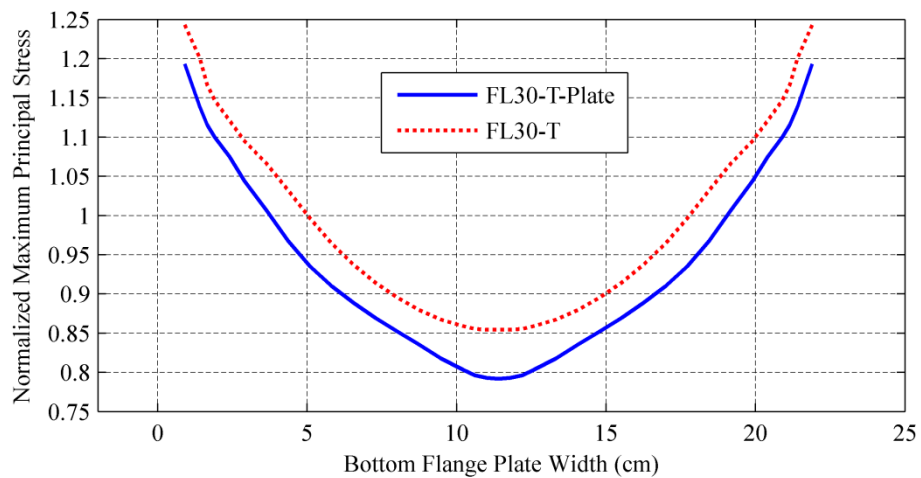
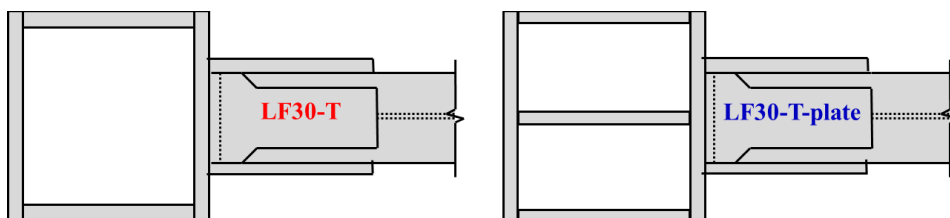
محل جوش ورق زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری



(ب)

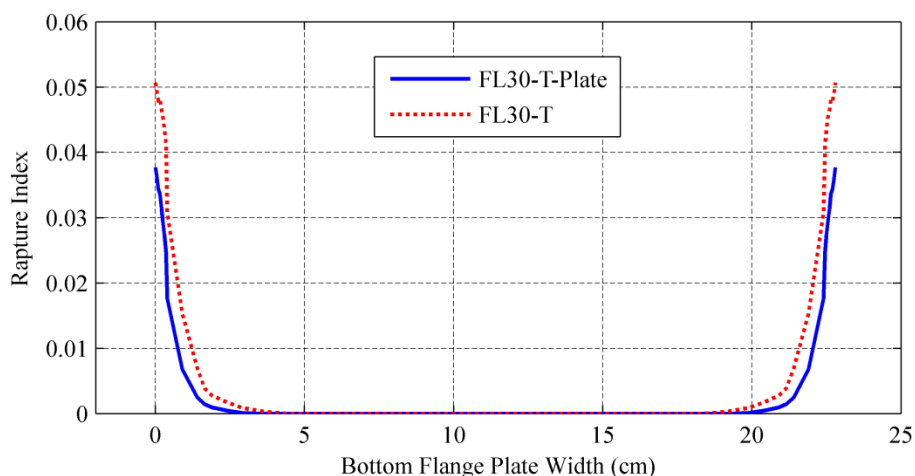
شکل ۶-۱۹-دنباله- الف) مدل اجزای محدود LF30-T-Plate (ب) کانتور تنش اصلی ماکزیمم در دررفت ۲

درصد در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری



شکل ۶-۲۰- توزیع تنش اصلی ماکزیمم در دررفت ۲ درصد در عرض ورق زیرسری برای مدل های LF30-T و

LF30-T-Plate



شکل ۶-۲۱- مقادیر اندیس گسیختگی در ورق تحتانی در محل اتصال به ستون در عرض ورق زیرسری برای

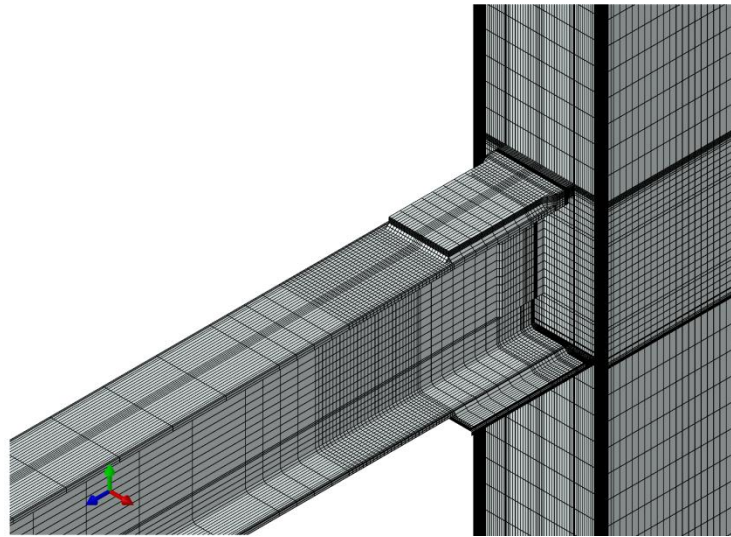
مدل‌های LF30-T و LF30-T-Plate

۶-۳-۲- بررسی رفتار اتصال در صورت افزایش عرض ورق زیرسری

در این قسمت برای بررسی اثر عرض ورق‌های روسری و زیرسری روی رفتار اتصالات، عملکرد دو مدل LF30-T و LF30-T-Wide با هم مقایسه شده است. تنها تفاوت این دو مدل در عرض و ضخامت ورق‌های زیرسری می‌باشد عرض ورق‌های زیرسری در مدل‌های LF30-T و LF30-T-Wide بترتیب ۲۳ و ۳۲ سانتیمتر می‌باشد (مساحت مقطع ورق زیرسری در هر دو مدل یکسان می‌باشد). آنالیزهای عددی نشان دادند که رفتار هیستریزیس و کانتور کرنش پلاستیک در محل مفصل پلاستیک این دو مدل با هم مشابه می‌باشند. شکل ۶-۲۲ مدل اجزای محدود LF30-T-Wide و همچنین کانتور تنش اصلی ماکزیمم در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون را نشان می‌دهد. اشکال ۶-۲۳ و ۶-۲۴ بترتیب تنش اصلی ماکزیمم و توزیع اندیس گسیختگی، در عرض ورق زیرسری در محل اتصال به ستون را برای هر دو مدل در دریافت ۲ درصد نشان می‌دهند. با توجه به اشکال مشخص است که با افزایش عرض ورق زیرسری (با ثابت نگه داشتن مساحت مقطع ورق زیرسری) مقدار ماکزیمم اندیس گسیختگی

تقریباً ۳۰ درصد کاهش پیدا می کند.

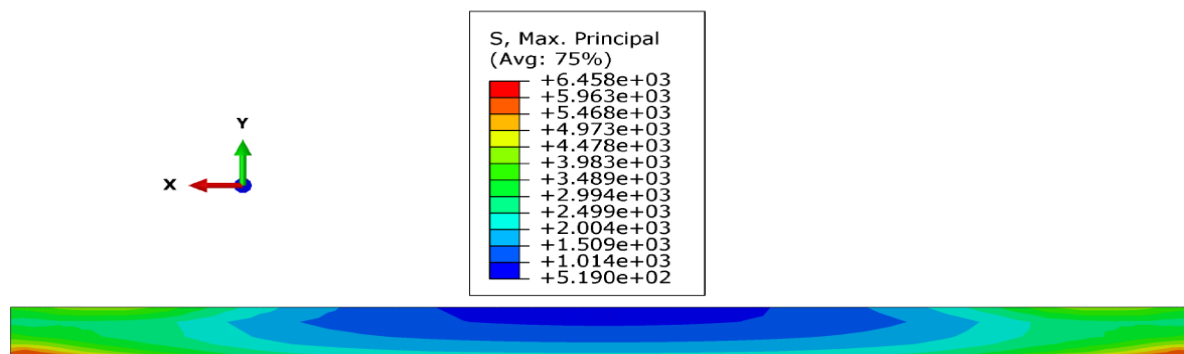
بنابراین می توان نتیجه گرفت که برای یک مقدار مساحت تعیین شده طبق روش طراحی برای مقطع ورق زیرسری، بهتر است حداکثر عرض ممکن برای ورق زیرسری انتخاب شود و بر مبنای این عرض، ضخامت ورق زیرسری تعیین شود. حداکثر عرض ممکن برای ورق زیرسری بر این مبنای تعیین می شود که در ورق زیرسری کمانش موضعی رخ ندهد.



(الف)

شکل ۶-۲۲-الف) مدل اجزای محدود LF30-T-Wide (ب) کانتور تنش اصلی ماکزیمم در دررفت ۲ درصد

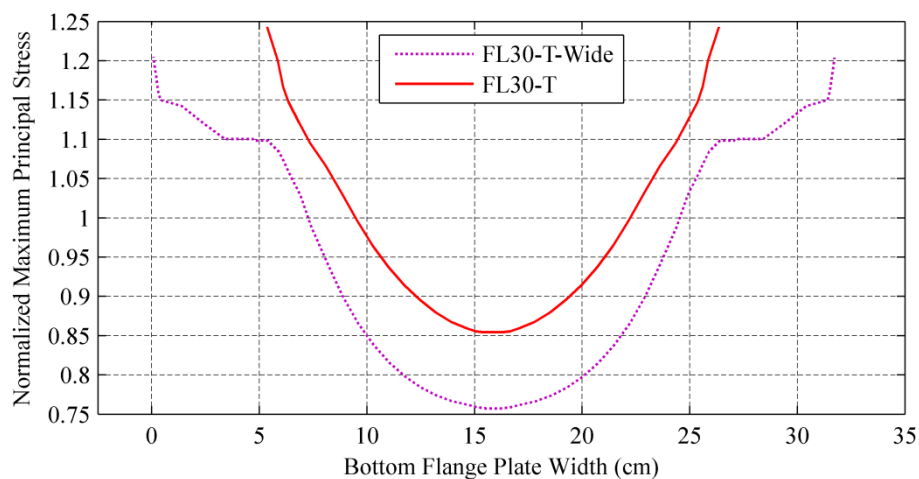
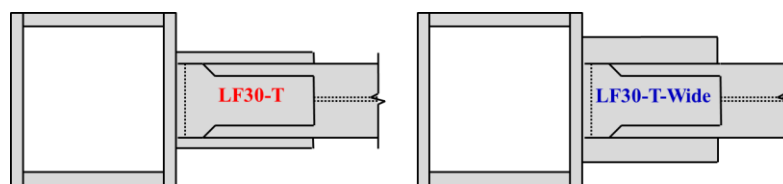
در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری



(ب)

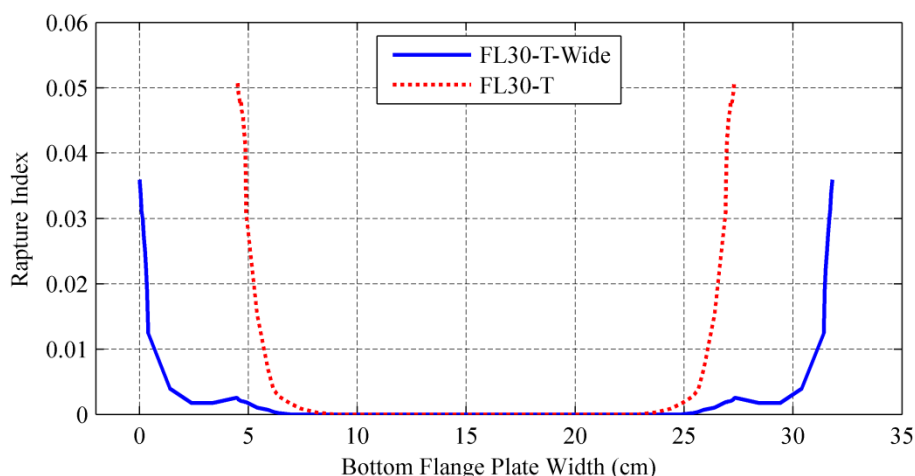
شکل ۶-۲۲-الف) مدل اجزای محدود LF30-T-Wide (ب) کانتور تنش اصلی ماکزیمم در دریفت ۲

درصد در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری



شکل ۶-۲۳- توزیع تنش اصلی ماکزیمم در دریفت ۲ درصد در عرض ورق زیرسری برای مدل های LF30-T و LF30-T-Wide

LF30-T-Wide



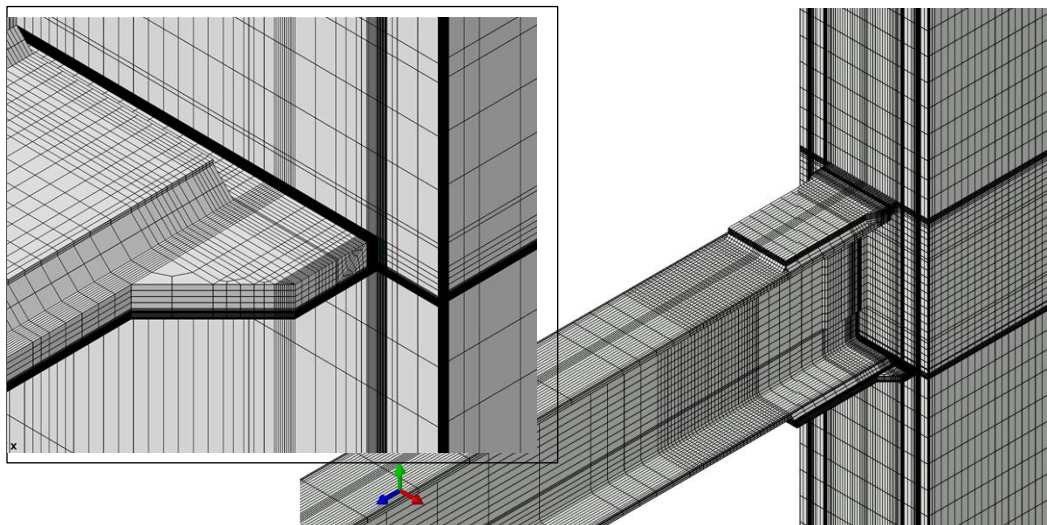
شکل ۶-۲۴- مقادیر اندیس گسیختگی در ورق تحتانی در محل اتصال به ستون در عرض ورق زیرسری برای

مدل های LF30-T و LF30-T- Wide

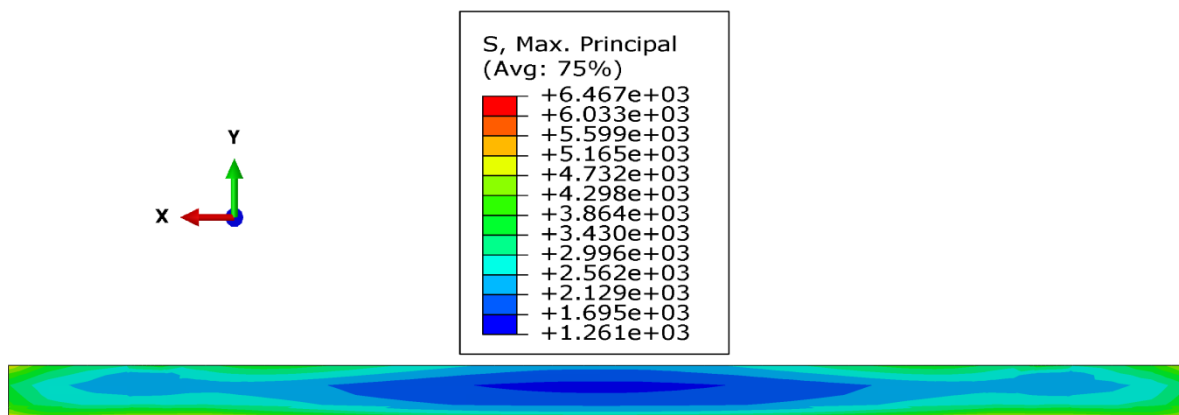
۶-۳-۵- بررسی رفتار اتصال در صورت ایجاد انحناء در گوشه ورق زیرسری

در این قسمت برای بررسی اثر ایجاد انحناء در ورق های روسری و زیرسری روی رفتار اتصالات، عملکرد دو مدل LF30-T-Curve و LF30-T-Wide با هم مقایسه شده است. تنها تفاوت این دو مدل این است که ورق زیرسری مدل LF30-T-Curve بصورت کله گاوی اجرا شده است اما در مدل LF30-T-Wide ورق زیرسری بصورت مستطیلی می باشد. آنالیزهای عددی نشان دادند که رفتار هیستریزیس و کانتور کرنش پلاستیک در محل مفصل پلاستیک این دو مدل با هم مشابه می باشند. شکل ۶-۲۵ مدل اجزای محدود LF30-T-Curve و همچنین کانتور تنش اصلی ماکزیمم در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون را نشان می دهد. اشکال ۶-۲۶ و ۶-۲۷ بترتیب توزیع اندیس گسیختگی و تنش اصلی ماکزیمم، در عرض ورق زیرسری در محل اتصال به ستون را برای هر دو مدل در دریفت ۲ درصد نشان می دهند. با توجه به این اشکال مشخص است که با کله گاوی کردن ورق زیرسری مقدار ماکزیمم اندیس گسیختگی

تقریباً ۲۰ درصد کاهش پیدا می کند ولی مقدار ماکزیمم تنش اصلی در هر دو مدل تقریباً ثابت می باشد. بنابراین می توان نتیجه گرفت که کله گاوی کردن ورق زیرسری احتمال گسیختگی در محل اتصال به ستون را کاهش می دهد.



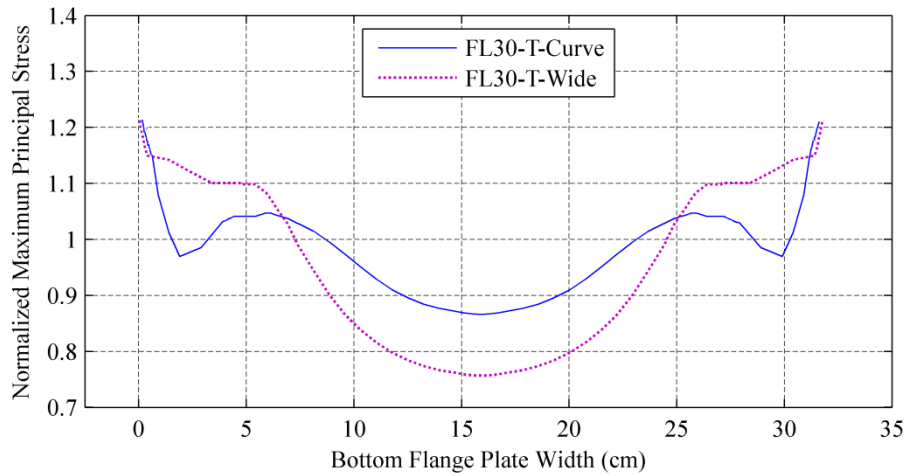
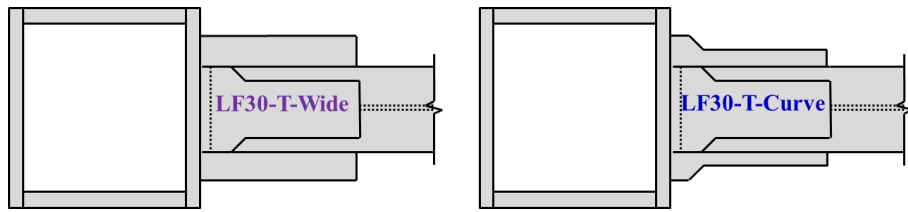
(الف)



(ب)

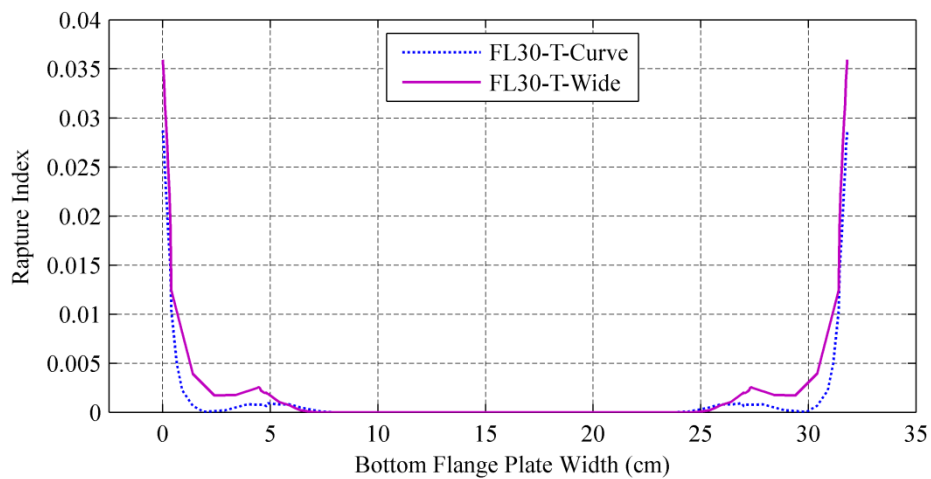
شکل ۶-۲۵-الف) مدل اجزای محدود LF30-T-Curve (ب) کانتور تنش اصلی ماکزیمم در دریافت ۲ درصد

در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری



شکل ۶-۲۶- توزیع تنش اصلی ماکزیمم در دریفت ۲ درصد در عرض ورق زیرسری برای مدل های

LF30-T-Wide و LF30-T-Curve



شکل ۶-۲۷- مقادیر اندیس گسیختگی در ورق تحتانی در محل اتصال به ستون در عرض ورق زیرسری برای

مدل های LF30-T-Wide و LF30-T-Curve

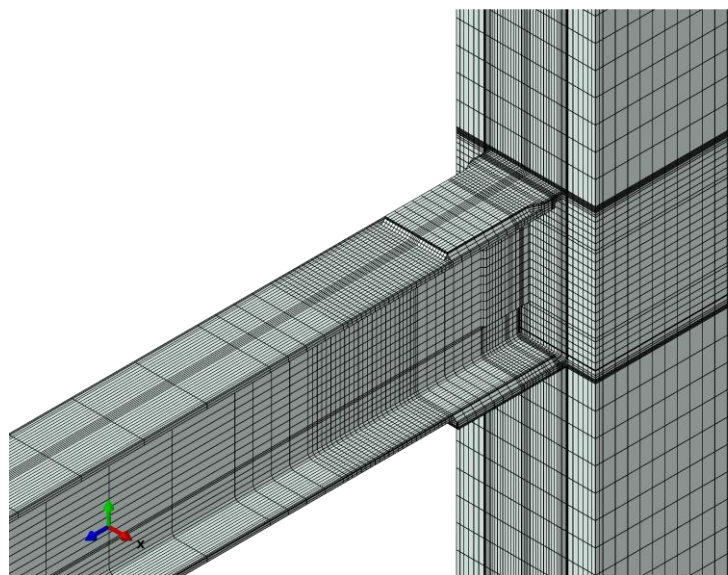
۶-۳-۶- بررسی روش‌های طراحی ارایه شده در Fema350 و Fema267 برای تعیین

ضخامت ورق‌های روسری و زیرسری

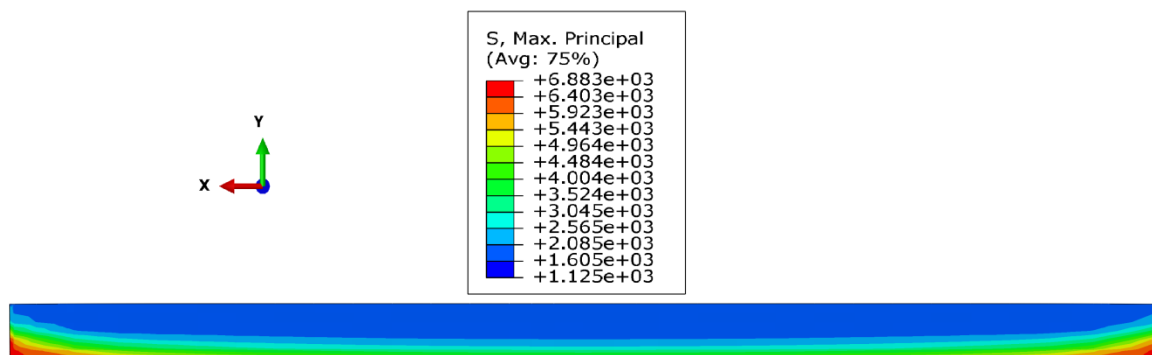
روش‌هایی برای تعیین ضخامت ورق‌های روسری و زیرسری در اتصال به ستون H شکل در Fema350 و Fema267 ارائه شده است. در این بخش، تاثیر این روش‌های طراحی بر عملکرد اتصال به ستون قوطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در روش طراحی Fema350، ضخامت ورق‌های روسری و زیرسری طوری تعیین می‌شوند که تسلیم شدگی همزمان در تیر در انتهای ورق‌های روسری و زیر سری و در ورق‌های روسری و زیرسری در محل اتصال با بال ستون رخ دهد. در حالیکه در روش طراحی Fema267، ضخامت ورق‌های روسری و زیر سری بنحوی محاسبه می‌شوند که ورق‌های روسری و زیر سری در محل اتصال با بال ستون در حد الاستیک باقی بمانند. در نتیجه ضخامت ورق‌های روسری و زیرسری طراحی شده طبق Fema350 کمتر از ضخامت ورق‌های طراحی شده طبق Fema267 می‌باشد. در Fema350 این‌طور ذکر شده است که اتصال طراحی شده طبق روش ارائه شده در آن نسبت به اتصال طراحی شده طبق روش Fema267 دارای شکل‌پذیری بیشتری می‌باشد حال سؤال این است آیا استفاده از روش طراحی Fema350 می‌تواند شکل‌پذیری اتصال به ستون قوطی را نسبت به روش طراحی Fema267 افزایش دهد؟ برای پاسخ به این سوال، رفتار دو مدل LF30-T و LF30-T-Fema350 در این قسمت با همدیگر مقایسه شده‌اند. تنها تفاوت این دو مدل در ضخامت ورق‌های روسری و زیر سری می‌باشد (ضخامت ورق‌های روسری و زیر سری مدل LF30-T-Fema350 بترتیب ۲/۱ و ۱/۷ می‌باشد). ضخامت ورق‌های روسری و زیر سری مدل‌های LF30-T و LF30-T-Fema350 بترتیب مطابق با اهداف Fema267 و Fema350 محاسبه شده‌اند. آنالیزهای عددی نشان می‌دهد که رفتار هیستریزیس و کانتور کرنش پلاستیک در محل مفصل پلاستیک این دو مدل با هم

مشابه می باشند. اما در این مدل ها، مقادیر اندیس گسیختگی در ورق روسری و زیرسری در محل اتصال با ستون با هم تفاوت دارند (شکل ۶-۳۰). ماکزیمم اندیس گسیختگی در ورق زیرسری مدل های LF30-T و LF30-T-Fema350 در محل اتصال با ستون بترتیب ۰/۰۵ و ۰/۰۶۲ می باشد. بنابراین استفاده از روش طراحی Fema350 (ورق با ضخامت کمتر)، احتمال گسیختگی در محل اتصال ورق با ستون را افزایش می دهد. شکل ۶-۲۸ مدل اجزای محدود LF30-T-Fema350 و همچنین کانتور تنش اصلی ماکزیمم در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون را نشان می دهد. توزیع تنش اصلی ماکزیمم در دریفت ۲ درصد برای هر دو مدل در شکل ۶-۲۹ نشان داده شده است.

با توجه به مطالعات عددی انجام شده در این پایان نامه، می توان گفت که چنانچه مقطع ستون قوطی باشد، استفاده از روش طراحی Fema350 نه تنها شکل پذیری را نسبت به روش طراحی Fema267 افزایش نمی دهد، بلکه احتمال ایجاد گسیختگی در ورق های روسری و زیرسری در محل اتصال با ستون را افزایش می دهد.



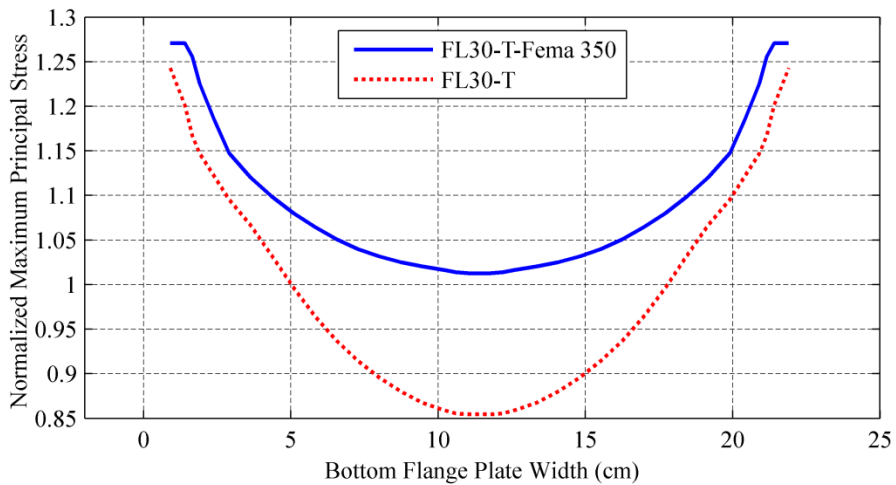
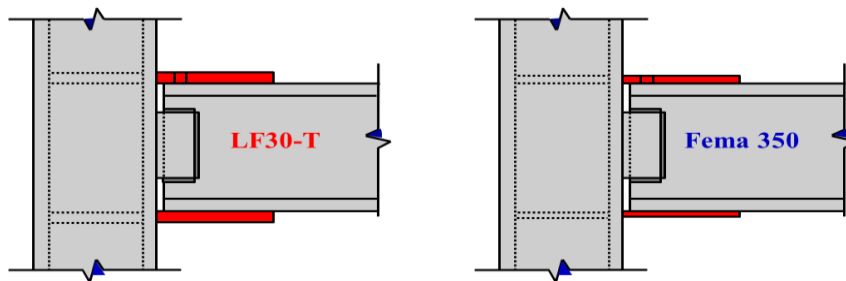
(الف)



(ب)

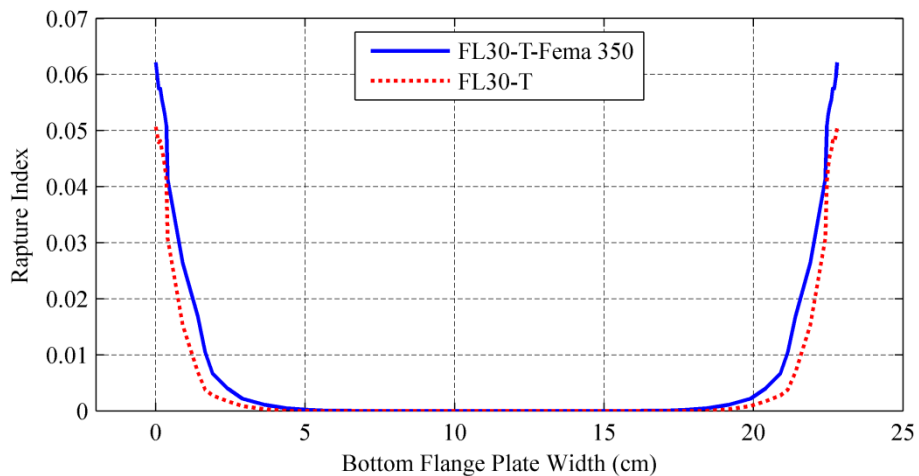
شکل ۶-۲۸-الف) مدل اجزای محدود LF30-T-Fema350 (ب) کانتور تنش اصلی ماکزیمم در دررفت ۲

درصد در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری



شکل ۶-۲۹- توزیع تنش اصلی ماکزیمم در ورق زیرسری در دریفت ۲ درصد در عرض

ورق زیرسری برای مدل‌های LF30-T و LF30-T-Fema 350



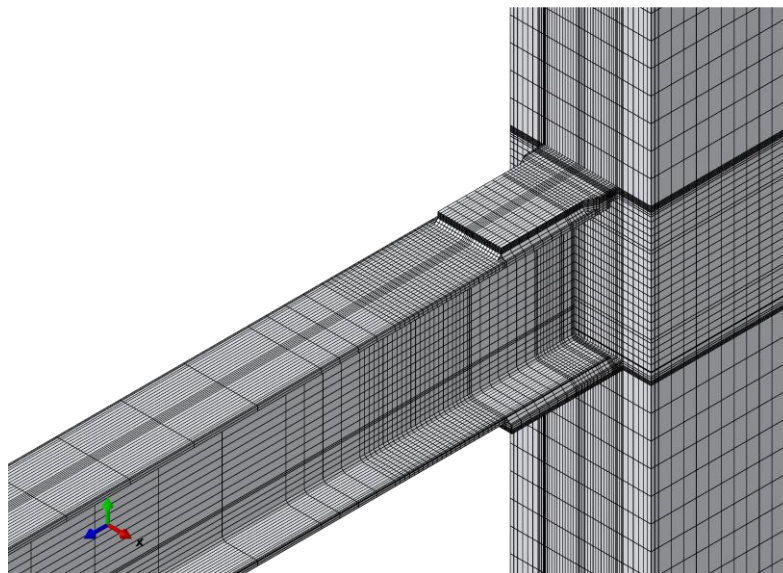
شکل ۶-۳۰- مقادیر اندیس گسیختگی در ورق زیرسری در محل اتصال به ستون در عرض ورق

زیرسری در مدل‌های LF30-T و LF30-T-Fema 350

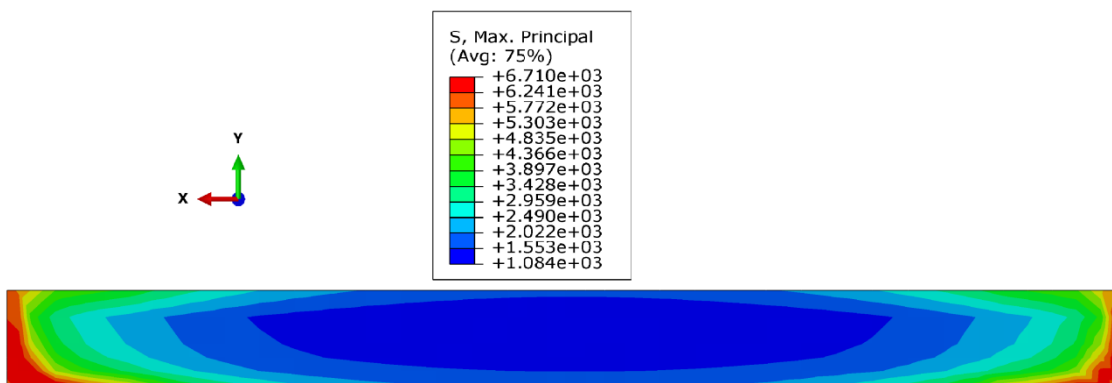
۶-۳-۷- بررسی رفتار اتصال در صورت عدم وجود ورق برشگیر

در این قسمت برای بررسی اثر عدم وجود ورق برشگیر روی رفتار اتصالات، عملکرد دو مدل LF30-T و LF30-T-No Shear Tab با هم مقایسه شده است.

مدل LF30-T-No Shear Tab مشابه مدل LF30-T می‌باشد با این تفاوت که ورق برشگیر در مدل LF30-T-No Shear Tab حذف شده است. نتایج عددی نشان می‌دهد که رفتار هیستریزیس و کانتور اندیس گسیختگی در محل مفصل پلاستیک این دو مدل با هم مشابه می‌باشند. شکل ۶-۳۱ مدل اجزای محدود LF30-T-No Shear Tab و همچنین کانتور تنش اصلی ماکزیمم در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون را نشان می‌دهد. اشکال ۶-۳۲ و ۶-۳۳ بترتیب تنش اصلی ماکزیمم و توزیع اندیس گسیختگی در عرض ورق زیرسری، در محل اتصال به ستون را برای هر دو مدل در دریفت ۲ درصد نشان می‌دهند. با توجه به این اشکال مشخص است که در صورت عدم وجود ورق برشگیر مقادیر اندیس گسیختگی و تنش اصلی ماکزیمم تفاوت چندانی پیدا نمی‌کنند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که عدم وجود ورق برشگیر تاثیر چندانی بر عملکرد مدل LF30-T ندارد.



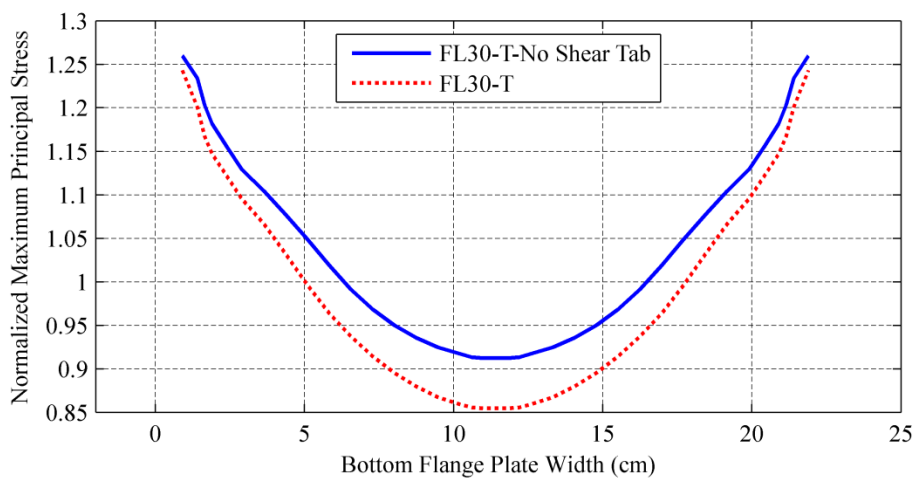
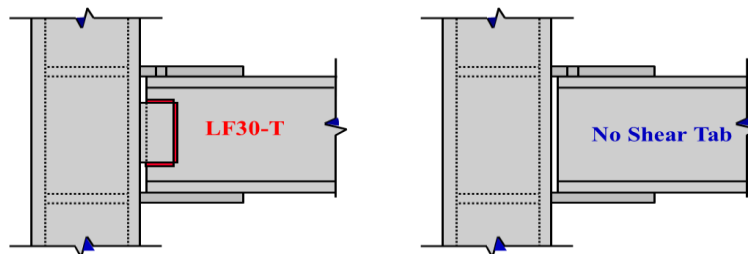
(الف)



(ب)

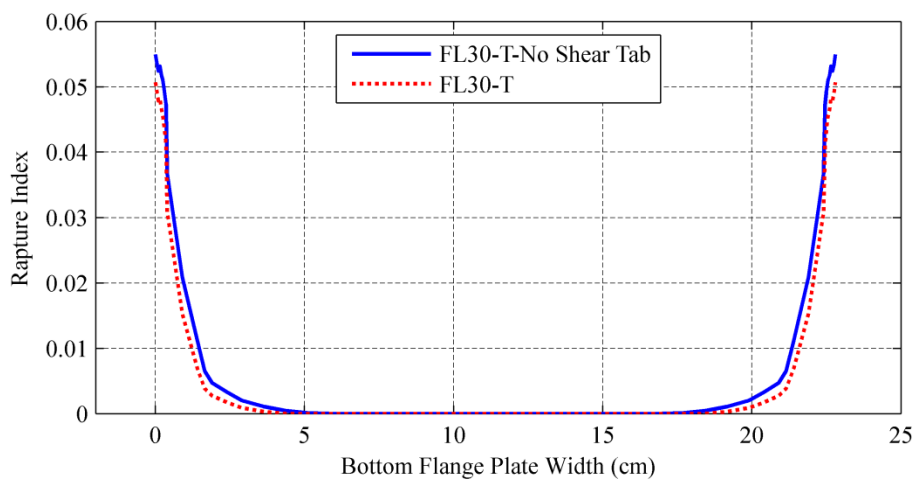
شکل ۶-۳۱-الف) مدل اجزای محدود LF30-T-No Shear Tab (ب) کانتور تنش اصلی ماکزیمم در دریافت

۲ درصد در محل جوش ورق زیرسری به بال ستون در عرض ورق زیرسری



شکل ۶-۳۲- توزیع تنش اصلی ماکزیمم در دریفت ۲ درصد در عرض زیرسری برای مدل های LF30-T و

LF30-T-No Shear Tab



شکل ۶-۳۳- مقادیر اندیس گسیختگی در ورق تحتانی در محل اتصال به ستون در عرض زیرسری

برای مدل های LF30-T و LF30-T-No Shear Tab

فصل هفتم

طراحی اتصال با ورق‌های روسری و زیرسری

۷-۱- مقدمه

در اتصال با ورق‌های روسری و زیرسری، محل تشکیل مفصل پلاستیک از بر ستون دور می‌شود و مفصل پلاستیک در تیر در انتهای ورق‌های روسری و زیرسری تشکیل می‌شود. هندسه-ی ورق‌های روسری و زیرسری به نحوی انتخاب شده است که از نظر اجرایی راحت باشد و نیاز به انجام جوش بالاسری تا حد امکان کمتر شود.

در این نوع اتصال ورق‌های روسری و زیرسری با جوش نفوذی کامل به بال ستون و توسط جوش گوشه به بال‌های تیر متصل می‌شوند. در ادامه روش طراحی گام به گام این نوع اتصال ارائه می‌شود:

(۱) محدودیت ابعاد تیر و ستون:

ابعاد تیر و ستون باید شرایط فشردگی لرزه‌ای را مطابق با ضوابط AISC341 ارضا کنند.

(۲) محدودیت تکیه‌گاه جانبی:

باید تکیه‌گاه جانبی برای تیر مطابق با ضوابط AISC341 ایجاد کرد. بدین صورت که

$$L_{bu} < \frac{0.09E r_y}{R_y F_{yb}} \quad (1-7)$$

در رابطه فوق L_{bu} ماکزیمم طول تیر مهار نشده، r_y شعاع ژیراسیون حول محور ضعیف تیر، F_{yb} تنش تسلیم تیر و R_y نسبت تنش تسلیم مورد انتظار به تنش تسلیم اسمی فولاد (این ضریب برای تیر ورق ۱/۳ و برای تیر نورد شده ۱/۵ است) می‌باشد.

در ضمن وجود تکیه‌گاه جانبی برای تیر در انتهای محل مفصل پلاستیک (حدواً به اندازه‌ی عمق تیر (d_b) دورتر از انتهای ورق‌های روسری و زیرسری) ضروری می‌باشد.

(۳) تعیین ابعاد ورق‌های روسری و زیرسری:

عرض و ضخامت ورق‌های روسری و زیرسری:

مقاومت خمشی ورق های روسری و زیرسری باید بزرگتر از حداکثر لنگر مورد انتظار در بر

ستون باشد در نتیجه:

$$b_p t_p = \frac{1.1 R_y F_{yb} Z_b L_b}{F_{yp} L_p (d_b + \frac{t_{tp} + t_{bp}}{2})} \quad (2-7)$$

در رابطه‌ی بالا، t_p ضخامت ورق روسری یا زیرسری، b_p عرض ورق روسری یا زیرسری (در ورق روسری مینیمم عرض در نظر گرفته می شود)، F_{yp} تنش تسلیم ورق روسری یا زیرسری، t_{tp} ضخامت ورق روسری، t_{bp} ضخامت ورق زیرسری، L_b نصف طول تیر، d_b عمق تیر، L_p فاصله‌ی وسط دهانه تیر تا مرکز محل تشکیل مفصل پلاستیک (مرکز مفصل پلاستیک در فاصله $\frac{d_b}{3}$ از انتهای ورق های روسری یا زیرسری می باشد) و Z_b اساس مقطع پلاستیک تیر می باشد.

نکته: عرض ورق های روسری و زیرسری، بر اساس عرض بال تیر بنحوی انتخاب می شوند که بتوان آن ها را به تیر جوش داد. بر اساس نتایج حاصله در این پایان نامه افزایش عرض ورق زیرسری تا حدی که در آن کمانش رخ ندهد، سبب بهبود عملکرد ورق زیرسری در محل اتصال به ستون قوطی می شود. در ضمن بهتر است که هندسه ورق زیرسری به صورت کله گاوی انتخاب شود.

طول ورق های روسری و زیرسری:

طول ورق های روسری و زیرسری بر اساس طول جوش گوشه‌ی مورد نیاز برای اتصال آنها به بال های تیر تعیین می شود. مقاومت جوش گوشه‌ی متصل کننده‌ی ورق های روسری و زیرسری به بال های تیر، باید به اندازه‌ی حداکثر نیروی محوری مورد انتظار در ورق های روسری و زیرسری باشد. در نتیجه

$$0.707 * 0.6 * \phi * Exx(L_{wl}t_{wl} + 1.5L_{wT}t_{wT}) = \frac{1.1R_y F_{yb} Z_b L_b}{L_p(d_b + \frac{t_{tp} + t_{bp}}{2})} \quad (3-7)$$

در رابطه‌ی بالا، t_{wl} اندازه‌ی جوش طولی، t_{wT} اندازه‌ی جوش عرضی، F_{yw} مقاومت اسمی جوش گوشه، L_{wT} طول جوش عرضی، L_{wl} اندازه‌ی (طول) جوش طولی و ϕ ضریب تقلیل مقاومت می‌باشد (در این رابطه، ضریب بازرسی جوش اعمال نشده است).

(۴) تعیین ابعاد ورق برشگیر:

ابعاد ورق برشگیر باید برای مقدار بزرگتر دو حالت زیر طراحی شود:

الف) تحمل وزن وارد بر تیر

ب) ۵۰٪ حداکثر برش مورد انتظار در تیر (ناشی از بار زلزله)

حداکثر برش مورد انتظار در تیر از طریق رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود:

$$V_p = \frac{1.1R_y F_{yb} Z_b}{L_p} \quad (5-7)$$

(۵) تعیین ابعاد چشمه اتصال:

ابعاد چشمه اتصال باید طوری طراحی شود که در آن تسلیم شدگی ایجاد نشود. در نتیجه باید مقاومت شروع تسلیم چشمه اتصال از حداکثر نیروی مورد انتظار وارد در آن بیشتر باشد.

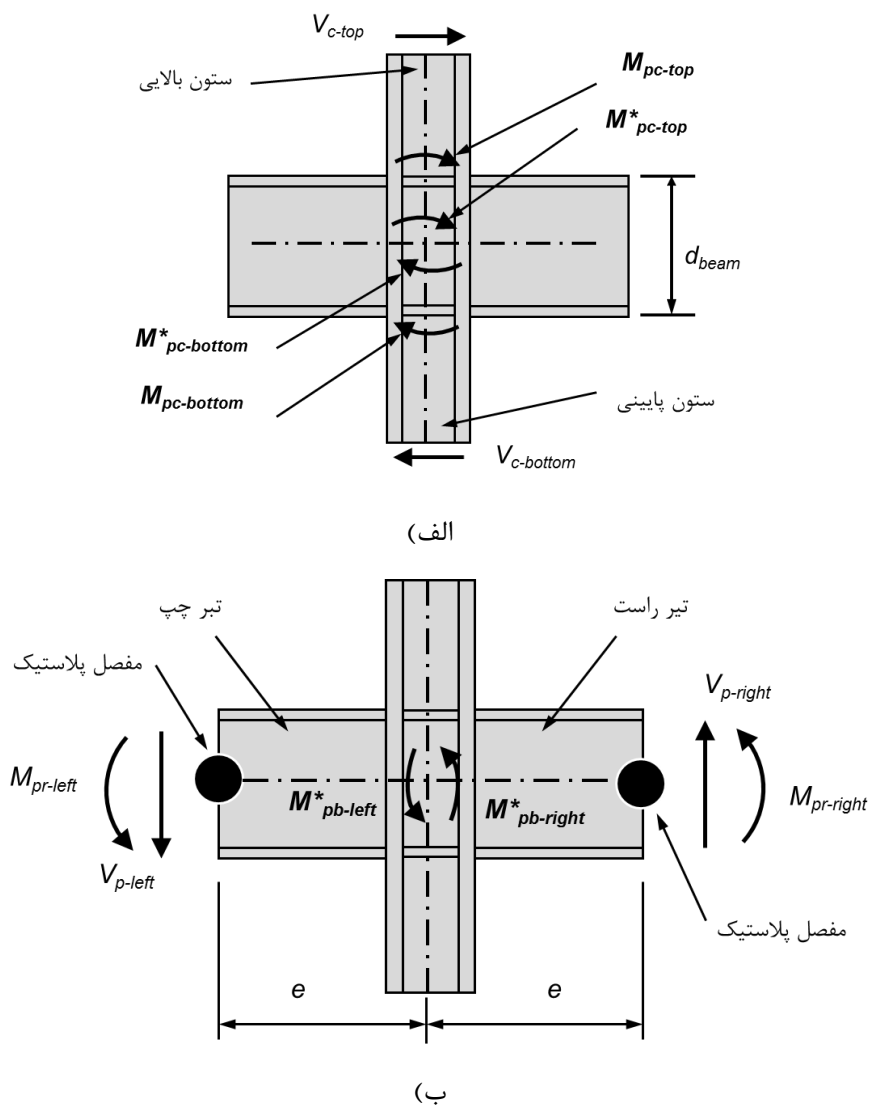
حداکثر نیروی مورد انتظار وارد بر چشمه اتصال طبق ضوابط AISC 2005 محاسبه می‌شود:

$$V_{PZ} = \frac{M_{fr}}{d_{br}} + \frac{M_{fl}}{d_{bl}} - V_C \quad (6-7)$$

در رابطه بالا، M_{fr} و M_{fl} بترتیب حداکثر لنگر مورد انتظار در محل اتصال تیرهای سمت چپ و راست به ستون هستند. d_{br} و d_{bl} بترتیب عمق تیرهای موجود در سمت چپ و راست اتصال هستند. V_C نیروی برشی موجود در ستون می‌باشد و بر اساس رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$V_C = \frac{(M_{fr} + M_{fl} + \frac{d_c}{2} (\frac{M_{fr}}{L_{br}} + \frac{M_{fl}}{L_{bl}}))}{L_C} \quad (Y-7)$$

در رابطه بالا، d_c عمق ستون، L_{br} و L_{bl} بترتیب نصف طول تیرهای موجود در سمت چپ و راست اتصال و L_C طول ستون می باشد.



شکل ۷-۱- لنگرهای خمشی در الف) ستون‌های بالا و پایین گره اتصال ب) تیرهای چپ و راست گره اتصال

مقاومت تسلیم چشمه اتصال از طریق رابطه‌ی زیر تعیین می شود:

$$V_y = 0.6F_y d_c (2t_{cw}) \quad (8-7)$$

در این رابطه، F_y تنش تسلیم جان چشمه اتصال و t_{cw} ضخامت جان چشمه اتصال می‌باشد. یکی از راه‌های تقویت چشمه اتصال این است که ورق را در مرکز آن قرار داده و وجوه این ورق را به ورق‌های پیوستگی و بال‌های ستون جوش داد.

۶) ورق پیوستگی:

ضخامت ورق‌های پیوستگی در اتصال تیر به ستون قوطی، باید حداقل برابر با ضخامت ورق-های روسری و زیرسری روبروی آنها باشد. ورق پیوستگی را باید در داخل ستون قوطی روبروی ورق‌های روسری و زیرسری قرار داد و هر چهار طرف ورق‌های پیوستگی را به وجوه ستون قوطی جوش داد.

فصل هشتم

نتیجه گیری

در این پایان نامه جهت بررسی تاثیر هندسه ورق های روسری و زیرسری بر روی رفتار لرزه ای اتصال، مدل هایی توسط نرم افزار ABAQUS مورد بررسی قرار گرفتند و با مقایسه نتایج مدل عددی با مدل آزمایشگاهی، مدل های عددی تایید شدند. مدل های عددی برای انجام مطالعات پارامتریک مورد استفاده قرار گرفتند. با توجه به آنالیزهای عددی می توان به موارد زیر اشاره کرد:

(۱) با افزایش طول ورق های روسری و زیرسری، میزان لنگر در بر ستون افزایش می یابد. همچنین احتمال پارگی در محل مفصل پلاستیک و افت در مقاومت مدل نیز بیشتر می شود. بنابر این طراحان نباید طول ورق های روسری و زیرسری را بیشتر از طول مورد نیاز در نظر بگیرند و بهتر است که با استفاده از الکتروود با مقاومت بالاتر برای جوش گوشه متصل کننده ورق های روسری و زیرسری به بال تیر، با اضافه کردن جوش عرضی در انتهای ورق های روسری و زیرسری و واحد در نظر گرفتن ضریب تقلیل مقاومت و ضریب بازرسی جوش، طول مورد نیاز برای ورق های روسری و زیرسری را تا حد امکان کاهش دهند.

(۲) عدم استفاده از جوش عرضی در انتهای ورق زیرسری، سبب ایجاد ترک در انتهای جوش طولی متصل کننده ی ورق زیر سری به بال تیر می شود. این ترک ممکن است به درون تیر نفوذ پیدا کند و سبب پارگی تیر شود. بنابراین بهتر است که از جوش عرضی در انتهای ورق زیرسری استفاده شود.

(۳) در اتصال تیر به ستون قوطی با استفاده از ورق های روسری و زیرسری، در دو گوشه ورق های روسری و زیرسری در محل اتصال به ستون، تمرکز تنش و کرنش وجود دارد.

(۴) سه روش برای کاهش تمرکز تنش و کرنش و در نتیجه احتمال پارگی در دو گوشه ورق-

های روسری و زیرسری پیشنهاد می شود:

الف) افزایش عرض ورق زیر سری. البته باید توجه کرد که افزایش عرض ورق زیرسری سبب کمزش آن نشود.

ب) کله گاوی کردن ورق زیر سری

ج) استفاده از یک ورق در وسط چشمه اتصال (این ورق باید به بال‌های ستون قوطی و ورق‌های پیوستگی جوش شود)

د) برای تعیین ضخامت ورق‌های روسری و زیرسری، روش طراحی Fema267 نسبت به روش طراحی Fema350 محافظه کارانه‌تر می‌باشد.

پیشنهادات:

- بررسی اثر ارتفاع تیر بر روی رفتار اتصالات قاب خمشی در ستون با مقطع قوطی
- تعیین حداکثر انحراف مجاز برای اتصال تیر به ستون قوطی و ارائه راهکار برای بهبود اینگونه اتصالات

پیوست الف: معرفی شاخص های خسارت

شاخص های خسارت شامل شاخص های فشار، میسز، کرنش پلاستیک معادل، سه محوره و گسیختگی می باشند.

شاخص سه محوره (TI) به صورت حاصل تقسیم تنش هیدرواستاتیک بر تنش میسز تعریف می شود، به عبارتی:

$$TI = \frac{PI}{MI}$$

که تنش هیدرواستاتیک به صورت زیر تعریف می شود:

$$\sigma_m = -\frac{1}{3} \text{trace}(\sigma_{ij}) = -\frac{1}{3} \sigma_{ii}$$

و تنش میسز نیز به این صورت بدست می آید:

$$\begin{aligned} \sigma_v &= \sqrt{3J_2} \\ &= \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 + 3(\sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_1^2)}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{3}{2} s_{ij} s_{ij}} \end{aligned}$$

که از تقسیم این پارامترها بر تنش تسلیم به ترتیب شاخص فشار (TI) و شاخص میسز (MI) بدست می آید.

تعریف شاخص گسیختگی (RI) به عنوان معیاری برای بررسی پتانسیل گسیختگی مقطع

است که زیر تعریف می شود:

$$RI = a \frac{PEEQ}{\varepsilon_r} = \frac{PEEQ}{\exp(1/5 \frac{\sigma_m}{\sigma_v})}$$

که a ثابت مصالح و ϵ_p کرنش گسیختگی است.

PEEQ شاخص کرنش معادل پلاستیک است که به صورت زیر تعریف می شود:

$$PEEQ = \sqrt{\frac{2}{3} \epsilon_{ij}^p \epsilon_{ij}^p}$$

[1]- Blodgett, O. W., (2001), "*Notes on Beam to Column Connections*" Steel Moment Frame Connection Advisory No. 3, SAC 95-0 I' SAC Joint Venture, Sacramento CA,

۲- شهاب الدین ترابیان، (۱۳۸۶)، "مطالعه آزمایشگاهی اتصال خمشی تیر به ستون قوطی شکل با بکارگیری ورق میانگنر". پایان نامه (دکتری)، دانشگاه تهران، دانشکده عمران.

[3]- Cheng. C. C., Lin. C. C. and Tsai. C. L., (2004),. "*Evaluation of reinforced connections between steel beams and box columns*". Engineering structures. Elsevier. Amsterdam. The Netherlands, Vol. 26, 1889-1904.

۴- آیین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله-استاندارد ۲۸۰۰، ویرایش سوم، ۱۳۸۴

۵- مقررات ملی ساختمان، مبحث دهم، سال (۱۳۸۴)

۶- مقررات ملی ساختمان، مبحث دهم، سال (۱۳۸۷)

[7]- Shanmugam. N. E., Ting. L. C. and Lee. S. L., (1994),. "*Non-linear Analysis of I-Beam to Box-Column onnections*". Journal of Constructional Steel Research 28, 257-278.

[8]- Kim. T., (2003),. "*Experimental and analytical performance evaluation of welded steel moment connections to box or deep W-shape columns*". Ph.D. dissertation, Univ. of California at Berkeley.

[9]- Kim. T., Stojadinovic. B. and Whittaker A. S., (2004),. "*Seismic performance of US steel box column connections*". Proceedings, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Canada, Paper No. 981.

[10] Cheng. C. and Chun. C., (2006),. "*Ductile moment connections used in steel column-tree moment-resisting frames*". Journal of Constructional Steel Research 62, 793-801.

[11]- Lee. C. H., Jung. J. H. and Jean. S. W., (2002),. "*Development of Seismic steel moment connection with high performance and associated design guidelines*" Report, Hyundai Engineering and Construction Company- Research Institute o Science and Technology, Korea.

۱۲- شهاب الدین ترابیان، (۱۳۸۴)، "مطالعه عددی اتصال خمشی تیر به ستون قوطی شکل با بکارگیری ورق میانگنر". پایان نامه (کارشناسی ارشد)، دانشگاه تهران، دانشکده عمران.

- [13]- Shanmugam. N. E., Ting. L. C. and Lee. S. L., (1991),. “***Behaviour of I-beam to box-column connections stiffened externally and subjected to fluctuating loads***”. Journal of Constructional Steel Research 20 129-148.
- [14]- Ghobadi. M. S., Ghassemieh. M., Mazroi. A., (2009),. “***Seismic performance of ductile welded connections using T-stiffener***”. Journal of Constructional Steel Research 65. American Welding Society, Miami. FL, 766-775
- [15]- AISC/ANSI 358-05., (2005),. “***Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications***”. American Institute of Steel Construction, Inc, Chicago, IL.
- [16]- Kanvinde. A. M. and Deierlein. G. G., (2007),. “***Cyclic void growth model to assess ductile fracture initiation in structural steels due to ultra low cycle fatigue***”. *J. Eng. Mech.*, 701-712.
- [17]- Rice. J. R. and Tracey. D. M., (1969),. “***On the ductile enlargement of voids in triaxial stress fields***”. Journal of Mechanics and Physics of Solids., 201-217.
- [18]- Hancock. J. W. and Mackenzie. A. C., (1976),. “***On the mechanics of ductile failure in high-strength steel subjected to multi-axial stress-states***”. Journal of Mechanics and Physics of Solids. 147-169.
- [19]- M. Gholami., A. Deylami and M. Tehranizadeh., (2013),. “***Seismic performance of flange plate connections between steel beams and box columns***”. Journal of Constructional Steel Research.

Abstract

One of the most popular seismic resisting systems is resisting moment frame. In Iran and for this common method, using of flange plates is useful for connection of beams to column. Box columns are used in this research due to the common use of these type columns in Iran. At first a numerical model is generated in ABAQUS which has been verified by the results of experimental cases. This model has been applied for the parametric study of the dimensions of top and bottom flange plates.

The results of numerical analysis has been studied and justified. The results are:

The plastic rotation of the beam has been increased due to the enlargement of the length of the plates and it will lead to a drop in hysteretic loop. Using of the transverse weld will increase the performance of the connection. By reducing the width of bottom flange plates at its end, and increasing the width of bottom flange plates and also using a plate in center of panel zone, the probability of rupture at the ends of bottom flange plates will be reduced.

Keywords: *moment connection, flange plate, steel moment frame, cyclic behavior*