

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

ارزیابی عملکرد اتصالات تیر به ستون خورجینی به روش اجزاء محدود

شهاب مرندی^۱، احمد ملکی^۲ (نویسنده مسئول)

۱- گروه عمران، دانشکده فنی، واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، shahab.marandi@gmail.com

۲- استادیار گروه عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، مراغه، maleki_civil@yahoo.com

چکیده

در ایران، استفاده از نوع خاصی از اتصالات تیر به ستون به نام خورجینی در سیستم‌های فولادی بسیار متداول می‌باشد. در این سیستم، دو تیر یکسره در کنار ستون‌ها قرار داده می‌شوند و با استفاده از ورق به کناره‌های ستون متصل می‌شوند. این روش از گذشته‌های بسیار دور در ایران رایج بوده است. متأسفانه رفتار لرزه‌ای قاب‌های خورجینی، قبل از زلزله منجیل در سال ۱۹۹۰ به قدر کفایت مورد بررسی و مطالعه قرار نگرفته بود. بنابراین در این تحقیق به ارزیابی عملکرد اتصالات تیر به ستون خورجینی به روش اجزاء محدود پرداخته شده است. برای این کار یک نمونه اتصال تیر خورجینی که توسط میرقادی و دهقانی مورد آزمایش قرار گرفته است، انتخاب شده و بعد از اطمینان از صحت نتایج عددی با نتایج آزمایشگاهی به گسترش مدل‌های عددی پرداخته می‌شود. در این تحقیق ۹ نمونه اتصال تیر به ستون خورجینی در حالات مختلف مدل‌سازی شده است. بررسی استفاده از بتن در داخل ستون، فاصله بین تیرها، تغییر مقطع ستون، تغییر مقطع تیر، از جمله پارامترهای مورد بررسی این تحقیق می‌باشد. بعد از آنالیز نتایج نشان دادند که از نظر توزیع تنش و کرنش، با افزایش مقاومت فشاری مقدار تنش و کرنش پلاستیک در بال تیر کاسته شده و در نواحی کمتری تسلیم شدگی ایجاد شده است. از نظر عددی نمونه با مقطع تیر UNP160 نسبت به نمونه با مقطع تیر IPE160 و IPE140 به ترتیب ۱ و ۳۰/۷۵ درصد ظرفیت باربری و ۳۲/۴۹ درصد و ۳۴/۷۱ درصد دارای جذب انرژی بهتری بوده است. همچنین نمونه با مقطع تیر UNP160 نسبت به نمونه‌های ۵ و ۳ به ترتیب ۳۱/۳۴ درصد و ۳۴/۹۲ درصد دارای ظرفیت باربری و ۳۶/۲۳ درصد و ۳۹ درصد جذب انرژی بیشتری داشته و تقریباً در ۲۰ سانتیمتری از بر ستون بال‌های تیر دچار تغییرشکل‌های غیر الاستیک زیادی شده و کمانش یافته‌اند، به طوری که بیشترین کرنش پلاستیک در این ناحیه ایجاد شده است.

کلمات کلیدی: ظرفیت باربری، استهلاک انرژی، مفصل پلاستیک، تیر خورجینی، تغییرشکل پلاستیک

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

۱- مقدمه

سازه‌های فولادی به دلیل سهولت و سرعت اجرای اسکلت و مقاومت و استحکامی که از پروفیل‌های فولادی در اذهان عمومی شکل گرفته است، به طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرند ولی رعایت نشدن بعضی از نکات در طراحی و اجراء ایمنی آنها را تهدید می‌کند. همانطور که می‌دانیم اغلب سازه‌ها از اجزای کوچکی تشکیل یافته‌اند که با داشتن پیوند مابین خود می‌توانند سازه‌ای واحد را پدید آورند. در ساختمان‌های فلزی، اجزاء زیرسازه‌ای یعنی مجموعه تیرها، ستون‌ها، بادبندها و... می‌توانند به وسیله یکی از انواع اتصالات پیچی، پرچی یا جوشی با یکدیگر در ارتباط باشند. طرح و اجرای اتصالات به عنوان عناصر واسطه همانند عناصر اصلی ساختمان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و هرگونه ضعف در آنها می‌تواند عواقب جبران ناپذیری را به دنبال داشته باشد. از اوایل قرن حاضر تاکنون محققین زیادی بر روی انواع اتصالات فلزی مطالعه و تحقیق کرده‌اند و بر اساس آن بسیاری از این اتصالات با توجه به کثرت موارد کاربردشان به صورت یک سری جزئیات استاندارد در آئین‌نامه‌های معتبر فولادی در آمده‌اند. نکته مهمی که در تحلیل و طراحی قاب‌های فولادی حائز اهمیت است ایجاد لولای پلاستیک در این نوع از قاب‌هاست، به طوری که ایجاد لولای پلاستیک در تیر و در نزدیکی ستون کرنش‌های بسیار زیادی بر بال ستون و بر فلز جوش و نواحی حرارات دیده اطراف آن وارد می‌کند که می‌تواند منجر به بروز شکست ترد شود [۱-۳]. همانطور که در ادامه ذکر خواهد شد باید سعی شود طراحی اتصالات تیر به ستون طوری صورت گیرد که محل تشکیل لولای پلاستیک تا حد امکان از ستون دور شود. علاوه بر اتصالات صلب و نیمه صلب، اتصالات خورجینی یکی از شایعترین نوع اتصالات در کشور ایران است که در بیش از ۷۰ درصد ساختمان‌های اسکلت فلزی از این اتصالات استفاده شده است. در این سیستم سازه‌ای، نیروی برشی تیر و گشتاور خمشی توسط صفحه‌های اتصالی بطور همزمان به ستون انتقال می‌یابند. این صفحات به موازات بال‌های تیر قرار گرفته‌اند و کناره‌های آنها به بال‌های ستون جوشکاری شده و لبه‌های مایل آنها نیز به بال‌های تیر جوشکاری شده است. به منظور اجتناب از لهیدگی جان تیر و کمانش، صفحات یکسره بین بال‌های تیر در هر دو طرف جان تیر و به موازات محور صفحات اتصالی قرار می‌گیرند. در این اتصال پانل زون قسمتی از جان تیر بین دو صفحه یکسره می‌باشد که باید با صفحات تقویتی مسلح شود. در هر طرف اتصالات، به منظور ایجاد یکپارچگی، بال‌های هر دو تیر یکسره بوسیله دو مانع افقی به یکدیگر متصل می‌شوند [۴]. این اتصالات متأسفانه سختی خمشی قابل قبولی ندارند و در صورت وقوع زلزله در اثر گسیخته شدن، خسارات جانی و مالی غیر قابل جبرانی را به وجود می‌آورند. بنابراین لزوم بررسی هر چه بیشتر این نوع از اتصالات بیشتر از گذشته احساس می‌شود. لذا در این تحقیق سعی شده است که به طور مختصر روشی برای تقویت اتصالات خورجینی در سازه‌های فولادی ارائه شود.

۲- مروری بر سوابق تحقیق

قاسمی و همکارانش در تحقیقی به ارائه روشی جدید جهت اتصال تیرهای اتصالات خورجینی به یکدیگر پرداختند به گونه‌ای که هم از لحاظ کیفیت اجرا و هم از لحاظ رفتار لرزه‌ای اتصال مناسب باشد. به همین منظور با مدل‌سازی اتصال خورجینی در نرم افزار اجزاء محدود آباکوس در حالت متداول با بست‌های متصل کننده تیرهای طرفین اتصال به یکدیگر و بدون این بست‌ها و همچنین مدل‌سازی روشی که در این تحقیق ارائه شده است و براساس مقایسه این حالت‌ها با یکدیگر به لحاظ رفتار هیستریسیس ارزیابی‌های مورد نظر را انجام داده و پس از آنالیز مدل‌های مذکور و مشاهده نتایج به این مهم دست یافتند که روش جدید ارائه شده می‌تواند رفتار این نوع اتصالات را در مقابل بارگذاری‌های متفاوت بهبود بخشد و دلیلی بر این مطلب بهبود عملکرد این نوع اتصالات نسبت به حالات متداول با و بدون بست اتصال می‌باشد. ضمن اینکه کیفیت اجرا نیز از مقبولیت مناسبی برخوردار می‌باشد [۵]. سلاجقه و قاسمی در سال در تحقیقی، به بررسی رفتار اتصالات خورجینی پرداختند. هدف این تحقیق ارائه روش‌هایی جدید جهت اجرای اتصالات خورجینی می‌باشد به نحوی که با رفع عیوب این اتصال در مقابل بارهای جانبی از مزایای قابل توجه مذکور استفاده گردد. در روش‌های ارائه شده در این تحقیق راحتی و کیفیت اجرای اتصالات مد نظر قرار گرفته است. در ادامه رفتار لرزه‌ای مدل‌های مورد نظر شامل رفتار هیستریسیس، صلبیت و سختی اتصالات مقایسه می‌گردد. جهت مدل‌سازی از نرم افزار اجزاء محدود آباکوس استفاده گردیده است. نتایج آنالیز نشان می‌دهد که حالت‌های جدید ارائه شده بر حسب مورد می‌توانند جوابگوی نیروهای مختلف وارده بر اتصال باشند. همچنین روش‌های پیشنهادی نسبت به روش‌های اجرایی مرسوم اتصالات خورجینی و نیز نسبت به روش‌های تقویت شده در تحقیقات گذشته، از عملکرد مطلوب تری به لحاظ

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

سختی، صلبیت و کیفیت اجرا برخوردارند. لازم به ذکر است که تعدادی از روش‌های ارائه شده رفتاری شبیه اتصالات صلب از خود نشان داده و مزیت این گروه از اتصالات قابل توجه است، به عنوان نمونه می‌توان به اقتصادی بودن روش‌های ارائه شده در مقایسه با اتصالات صلب متداول اشاره کرد [۶]. دیلمی و همکاران در سال ۱۳۸۰ در تحقیقی به منظور بررسی سختی، شکل پذیری و مقاومت اتصال پیشنهادی مطابق با آیین نامه AISC 2005 ابتدا مدل اجزای محدود یک نمونه آزمایشگاهی توسط نرم افزار ANSYS ساختند و مورد تایید قرار گرفت، سپس ۳ ساختمان ۸، ۶ و ۴ طبقه با قاب خمشی ویژه در نظر گرفته شده و رفتار سیکلی مدل اجزای محدود چند اتصال خمشی جدید از این ساختمان‌ها مورد ارزیابی واقع شد. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که اتصال مورد مطالعه دارای شکل پذیری و سختی کافی بوده و براحتی بعنوان قاب خمشی با شکل پذیری ویژه مورد استفاده می‌باشد [۷]. کرمی و همکارانش در تحقیقی به بررسی یک ساختمان ۴ طبقه فولادی واقع در شهرستان گچساران با سیستم مقابله با نیروی جانبی در دو جهت به صورت مهاربند همگرا و واگرا (با تیر پیوند) با اتصالات خورجینی پرداختند. این ساختمان در دو حالت خطی (استاندارد ۲۸۰۰، نشریه ۳۶۰ دستورالعمل بهسازی) و غیرخطی (نشریه ۳۶۰ دستورالعمل بهسازی) بررسی شده است. با شناسایی نقاط آسیب پذیر راهکارهای مختلف بهسازی مورد توجه قرار گرفته و راهکار تقویت به کمک گیردار کردن اتصالات و تقویت ستون‌ها با اضافه کردن ورق تقویتی بیش از سایر روش‌ها مورد توجه قرار گرفته است. در نهایت با مقایسه منحنی‌های پوش و وضعیت ساختمان، تقویت سازه به کمک ورق‌های تقویتی در ستون‌ها و تیرهای پیوند مناسب‌ترین راهکار انتخاب شده است [۸]. بخشی و همکارانش در سال ۱۳۹۷ در تحقیقی به تاثیر هم زمانی بارهای ثقلی و جانبی در رفتار نمونه‌های مختلف اتصال بررسی پرداخته‌اند. بدین منظور منحنی لنگر دوران اتصالاتی با مشخصات متفاوت تحت بار ثقلی و جانبی چرخه‌ای ترسیم و برای به دست آوردن سختی اولیه و ثانویه اتصال، پوش منحنی هیستریزس رسم شده است. برای مطالعه شروع ترک خوردگی در اتصال، در آلمانی که بیشینه کرنش خمیری معادل را دارد بیشینه تنش‌های فون میسز و هیدرواستاتیک و بیشینه کرنش خمیری معادل محاسبه شده است. در انتها، شاخص‌های سه محوره و کرنش خمیری معادل برای مقایسه اتصالات تعیین شده است [۹].

۳- مدل‌سازی و تحلیل با نرم افزار آباکوس

در این تحقیق مدل‌سازی با نرم افزار آباکوس صورت می‌گیرد و نتایج ترسیمی برای تفسیر در نرم افزار اکسل ارائه می‌گردد. به منظور صحت سنجی، یک نمونه اتصال تیر خورجینی که توسط میرقادری و دهقانی مورد آزمایش قرار گرفته است، انتخاب شده است. در جدول ۱ مشخصات مصالح نمونه آزمایشگاهی نشان داده شده است. در شکل ۱ جزئیات مشخصات هندسی و نحوه انجام آزمایش نشان داده شده است [۱۰].

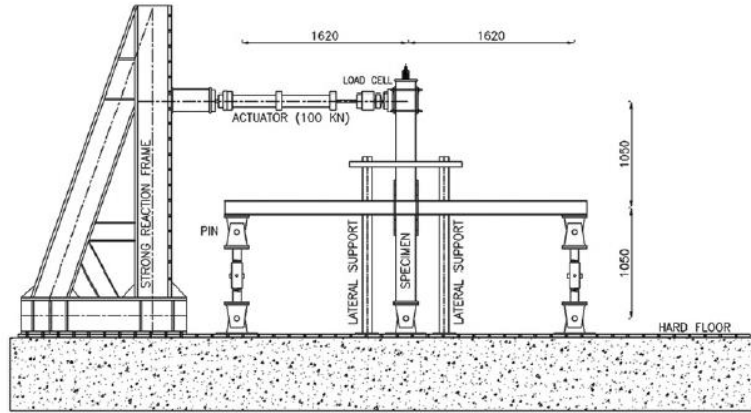
جدول ۱) مشخصات مصالح نمونه آزمایشگاهی [۱۰]

Specimen	Member	Size	Location	Yield stress (N/mm ²)	Ultimate stress (N/mm ²)
First	Beam	UPE140	Web	328.4	445.5
Second	Beam	UPE140	Web	367.7	471.1
Second	Beam	UPE140	Flange	325.5	457.1
Second	R-plate	12 mm	-	286.3	422.5
Second	Column	8 mm	-	290.7	421.3
Third	Beam	IPE140	Web	312.6	424.1
Third	Trapezoidal plates	10 mm	-	242.0	400.0
Fourth	Beam	IPE140	Web	334.5	474.1
Fourth	Beam	IPE140	Flange	320.4	453.8
Fourth	Column	8 mm	-	290.7	433.3
Fourth	Trapezoidal plates	10 mm	-	280.3	421.3

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

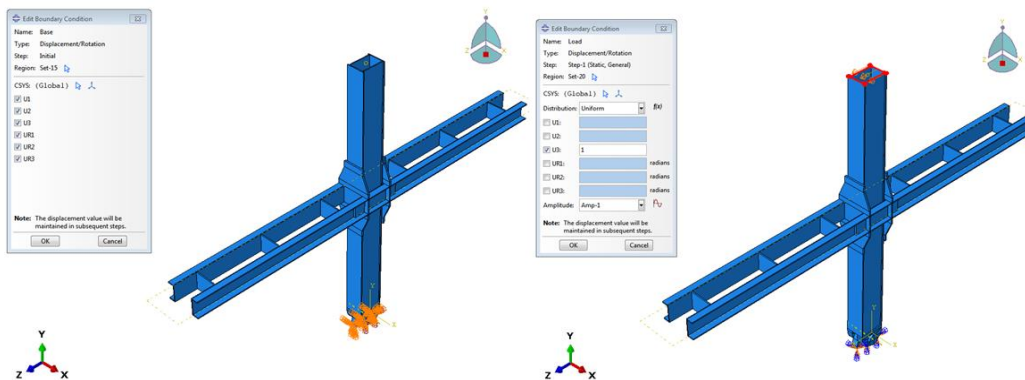
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir



شکل (۱) شرایط مرزی و نحوه مونتاز نمونه آزمایشگاهی [۱۰]

المان‌های مورد استفاده در این مدل‌سازی از نوع Solid می‌باشد. رفتار مصالح فولادی ایزوتروپیک در نظر گرفته شده و همچنین معیار تسلیم مصالح با این رفتار، معیار فون میزز می‌باشد که بیشتر برای فلزات کاربرد دارد. معیار فون میزز به‌عنوان معیار شکست مورد استفاده قرار گرفته است. در این نرم افزار می‌بایستی نحوه و مشخصات فیزیکی کلیه سطوحی که با هم در ارتباط هستند، تعریف گردد. برای تماس اعضای تیر و ستون و ورق از گزینه Tie استفاده شده است. برای ایجاد این شرایط در نرم افزار، در قسمت ابتدایی ستون جهت ایجاد تکیه‌گاه گیردار درجه آزادی در همه جهات بسته خواهد شد. برای بارگذاری نیز از روش کنترل تغییر مکان استفاده شده است. در شکل ۲ تنظیمات مربوطه نشان داده شده است. قسمت اصلی تحلیل در اجزای محدود تقسیم بندی نمونه به اجزای کوچکتر است (MESH). با استفاده از مش بندی، گسسته سازی مدل هندسی انجام می‌شود. طول اضلاع المان‌ها بر مبنای حساسیت المان در تحلیل انتخاب می‌شود. در این نمونه اندازه همه المان‌ها ۳ سانتیمتر در نظر گرفته شده است. همچنین در این مساله کلیه قطعات از نوع المان‌های کانتینیوم با تابع شکل درجه یک و انتگرال گیری کاهش یافته می‌باشد (C3D8R). در ادامه در شکل ۳ تنش‌های ایجاد شده بر روی مدل تغییر شکل یافته در مرحله نهایی بارگذاری نشان داده شده است.



شکل (۲) از راست به چپ به ترتیب شرایط مرزی تکیه‌گاهی و تنظیمات مربوط به بارگذاری نمونه عددی

در شکل ۴ نتایج حاصل از مدل‌سازی عددی با نتایج نمونه آزمایشگاهی در نرم افزار اکسل مقایسه شده است. با توجه به شکل کاملاً مشخص می‌باشد که نتایج مدل‌سازی عددی بسیار به نتایج نمونه آزمایشگاهی نزدیک می‌باشد. بنابراین با توجه به صحت نتایج، منطق مدل‌سازی می‌تواند برای نمونه‌های عددی مورد مطالعه استفاده گردد.

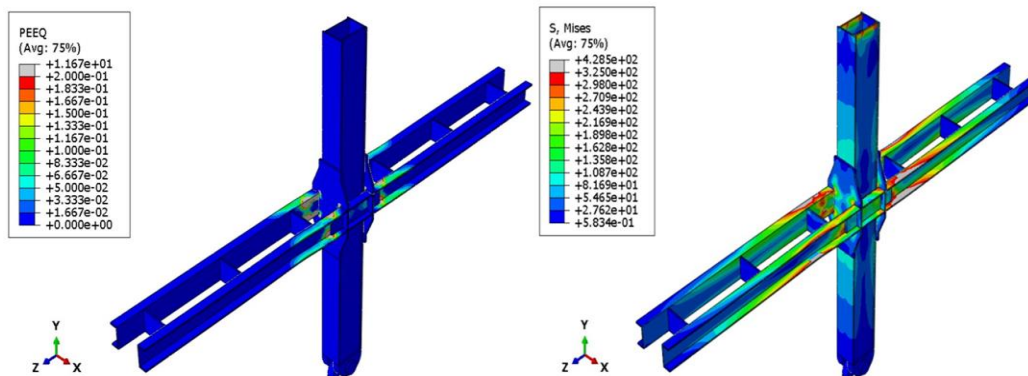
۴- بررسی نمونه‌های عددی مورد مطالعه

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

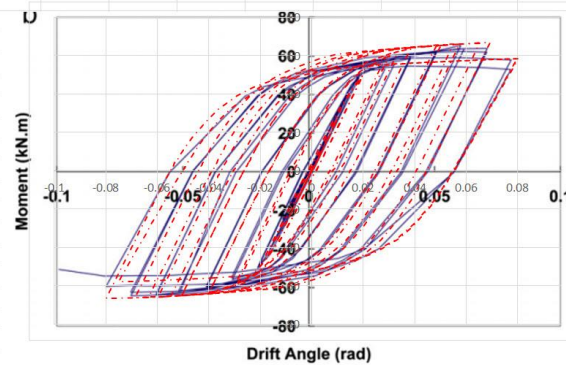
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

در این تحقیق ۹ نمونه اتصال تیر به ستون خورجینی در حالات مختلف مدل سازی شده است. بررسی استفاده از بتن در داخل ستون، فاصله بین تیرها، تغییر مقطع ستون، تغییر مقطع تیر، از جمله پارامترهای مورد بررسی این تحقیق می باشد. در جدول ۲ مشخصات کلیه نمونه ها و نحوه نامگذاری آن ها آورده شده است. از نظر مشخصات هندسی و مصالح استفاده شده در المان ها، همه نمونه ها مشابه نمونه صحت سنجی شده می باشد. کلیه نمونه ها تحت بارگذاری چرخه ای مطابق پروتکل بارگذاری شکل ۵ قرار گرفته اند.



شکل ۳) تنش و کرنش پلاستیک های ایجاد شده بر روی مدل عددی



شکل ۴) مقایسه نمودار هیستریسیس نمونه عددی با نمونه آزمایشگاهی

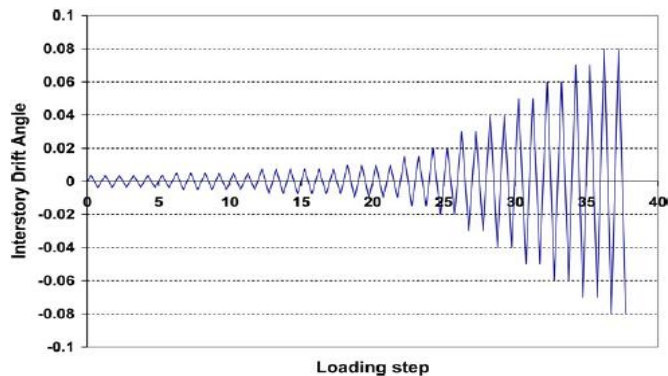
جدول ۲) مشخصات نمونه های عددی مورد مطالعه

شماره نمونه	نام نمونه	مقطع تیر	مقطع ستون	مقاومت فشاری بتن (MPa)	فاصله تیرها (mm)
1	Khorjini-CFT-FC20	UNP140	BOX	20	190
2	Khorjini-CFT-FC30	UNP140	BOX	30	190
3	Khorjini-CFT-FC40	UNP140	BOX	40	190
4	Khorjini-beam-S210	UNP140	BOX	-----	210
5	Khorjini-beam-S230	UNP140	BOX	-----	230
6	Khorjini-beam-S210-IPE140	IPE140	BOX	-----	210
7	Khorjini-beam-S210-IPE160	IPE160	BOX	-----	210
8	Khorjini-beam-S210-UNP160	UNP160	BOX	-----	210
9	Khorjini-beam-S210-IPE160-COLUMN160	IPE160	IPE160	-----	210

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

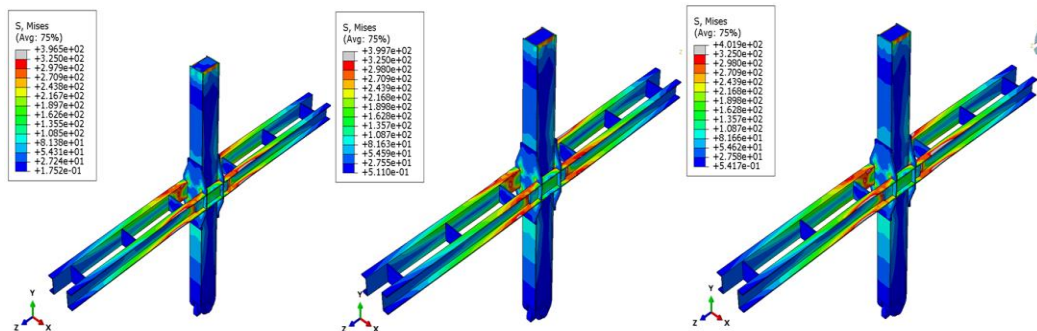
senaconf.ir



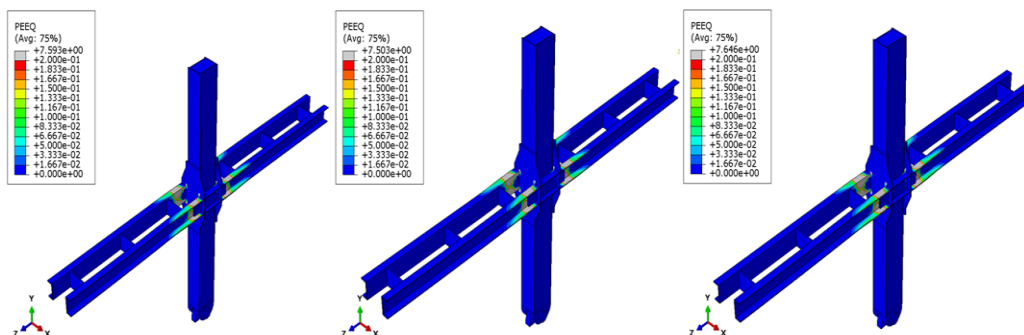
شکل ۵) پروتکل بارگذاری چرخه‌ای [۱۱]

۴-۱- بررسی نمونه‌های ۳تا

در این نمونه‌ها به بررسی تاثیر استفاده از بتن در داخل ستون پرداخته شده است. این نمونه دارای تیرهایی با مقطع UNP140 و با فاصله ۱۹ سانتیمتر می‌باشد. بتن مورد استفاده در ستون این نمونه‌ها دارای مقاومت فشاری ۲۰،۳۰ و ۴۰ مگاپاسکال می‌باشد. در شکل‌های ۶ تا ۸ نمونه‌های تغییرشکل یافته نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشخص می‌باشد تنش‌های ایجاد شده در بال‌های تیر در نزدیکی‌های اتصال بیشتر از سایر نقاط بوده، به طوری که در برخی نواحی مقادیر تنش از تنش تسلیم فراتر رفته است. همچنین در بال‌های تیر در برخی نواحی کماتش موضعی ایجاد شده است. بیشترین مقدار کرنش پلاستیک ایجاد شده نیز در بال‌های تیر در نزدیکی‌های محل اتصال قابل مشاهده است. در ادامه با بررسی خسارت‌های ایجاد شده در بتن مشاهده می‌شود که مقدار خسارت کششی بیشتر از خسارت فشاری بوده و بیشترین مقدار خسارت کششی در نواحی نزدیک به اتصال بوده، که با فاصله گرفتن از این ناحیه و همچنین با افزایش مقاومت فشاری بتن داخل ستون از شدت توزیع خسارت‌های ایجاد شده نیز کاسته شده است.



شکل ۶) به ترتیب از راست به چپ تنش‌های ایجاد شده در نمونه‌های ۳تا

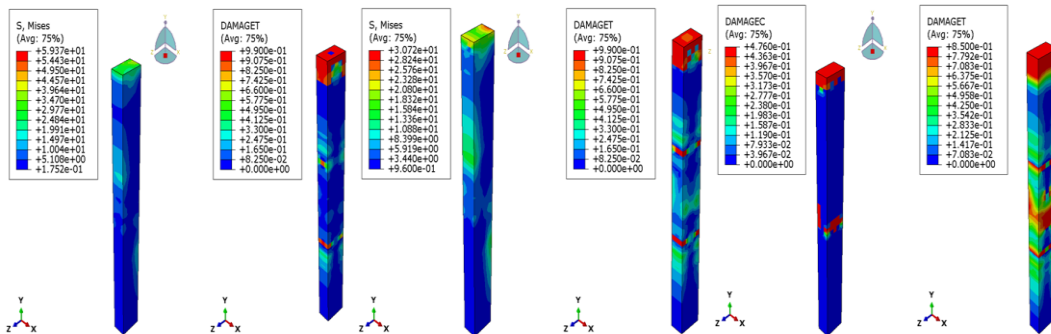


شکل ۷) به ترتیب از راست به چپ کرنش پلاستیک ایجاد شده در نمونه‌های ۳تا

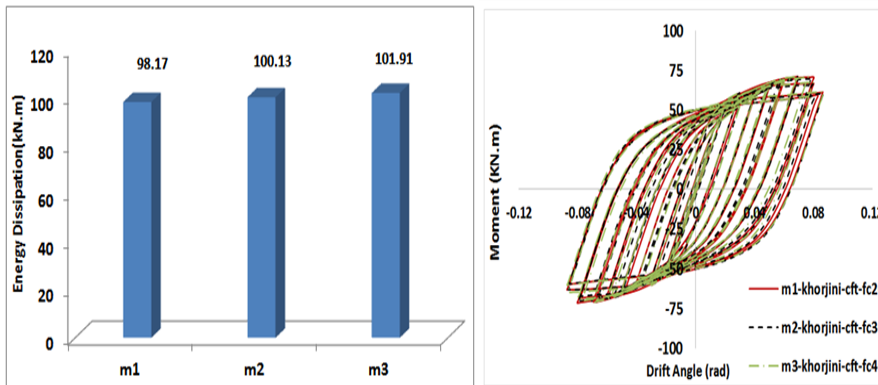
یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir



شکل ۸) به ترتیب از راست به چپ خسارت‌های کششی و فشاری ایجاد شده در المان بتنی نمونه‌های ۱ تا ۳



شکل ۹) مقایسه منحنی هیستریسیس و جذب انرژی نمونه‌های ۱ تا ۳

در شکل ۹ همانطور که مشاهده می‌شود با افزایش مقاومت فشاری بتن مقدار جذب انرژی و ظرفیت باربری تا حدودی افزایش یافته است. همچنین از نظر توزیع تنش و کرنش، با افزایش مقاومت فشاری مقدار تنش و کرنش پلاستیک در بال تیر کاسته شده و در نواحی کمتری تسلیم شدگی ایجاد شده است. از نظر عددی نمونه با بتن ۴۰ مگاپاسکال نسبت به نمونه‌هایی با مقاومت بتن ۳۰ و ۲۰ مگاپاسکال به ترتیب در حدود ۱ و ۱/۵ درصد دارای ظرفیت باربری و ۱/۷۴ و ۳/۶۶ درصد دارای جذب انرژی بیشتری می‌باشند. همچنین هر سه منحنی دارای رفتار الاستیک یکسانی بوده به طوری که تا حدود دریف ۶ درصد از پایداری خوبی برخوردار بوده‌اند. در ادامه با افزایش مقدار بار و با وارد شدن نمونه‌ها به فاز پلاستیک از مقاومت و سختی المان‌ها کاسته شده و شاهد افت در چند سیکل انتهایی می‌باشیم.

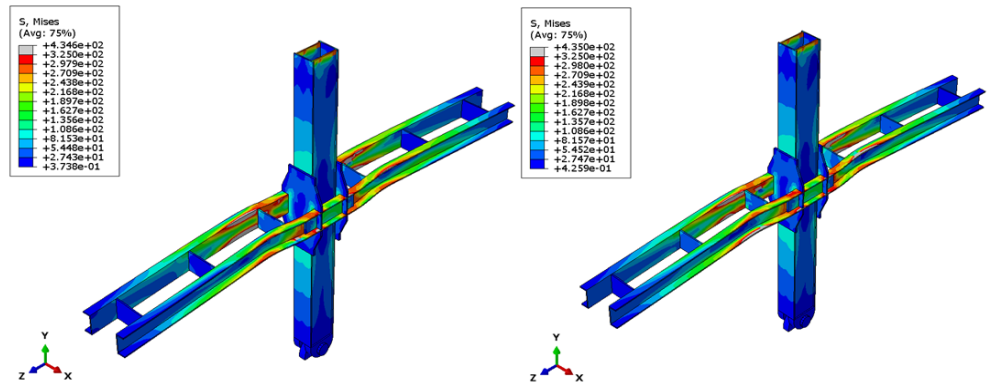
۴-۲- بررسی نمونه‌های ۴ و ۵

در این نمونه‌ها به بررسی تاثیر فاصله بین تیرهای خورجینی پرداخته شده است. برای این نمونه‌ها تیرهایی با مقطع UNP140 و با فاصله ۲۱ و ۲۳ سانتیمتر در نظر گرفته شده است. در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نمونه‌های تغییرشکل یافته نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشخص می‌باشد تنش‌های ایجاد شده در بال‌های تیر در نزدیکی‌های اتصال بیشتر از سایر نقاط بوده، به طوری که در برخی نواحی مقادیر تنش از تنش تسلیم فراتر رفته است. همچنین در بال‌های تیر در برخی نواحی کمانش موضعی زیادی ایجاد شده است. بیشترین مقدار کرنش پلاستیک ایجاد شده نیز در بال‌های تیر در چندین نقطه مختلف در نزدیکی‌های محل اتصال قابل مشاهده است. با بررسی نتایج ارائه شده در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود که هر دو نمونه در ناحیه الاستیک و پلاستیک عملکرد یکسانی داشته و تقریباً از دریف ۴ درصد دچار افت و زوال سختی شده‌اند. از نظر جذب انرژی و ظرفیت باربری نیز دارای عملکرد یکسانی بوده‌اند.

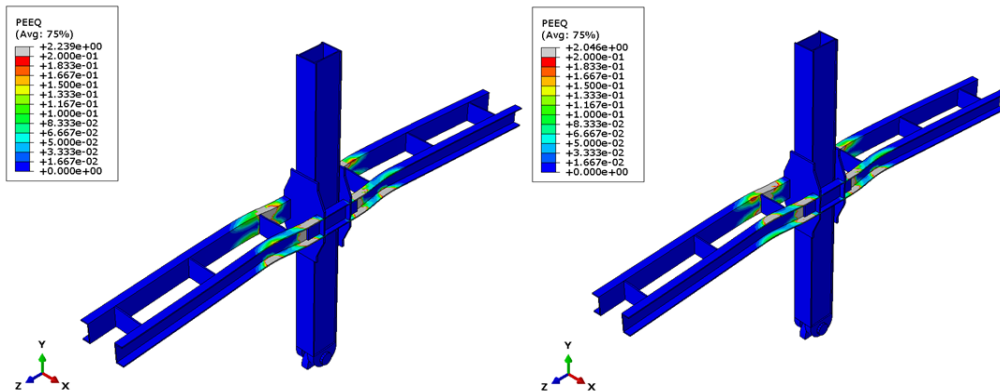
یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

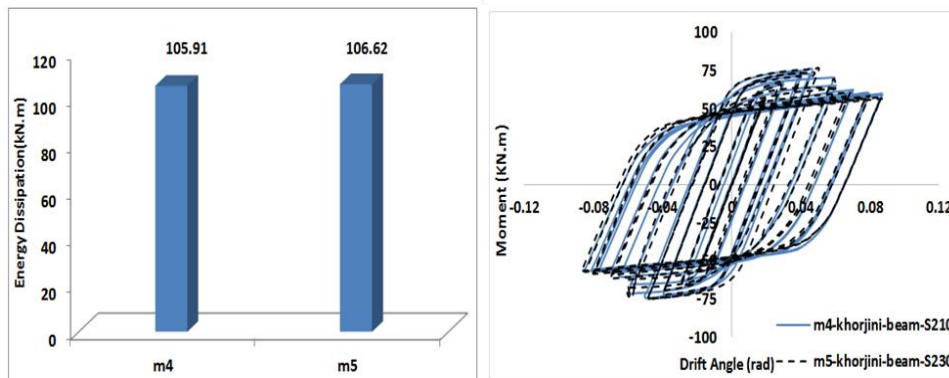
senaconf.ir



شکل ۱۰) به ترتیب از راست به چپ تنش‌های ایجاد شده در نمونه‌های ۴ و ۵



شکل ۱۱) به ترتیب از راست به چپ کرنش پلاستیک ایجاد شده در نمونه‌های ۴ و ۵



شکل ۱۲) مقایسه منحنی هیستریسیس و جذب انرژی نمونه‌های ۴ و ۵

۳-۴- بررسی نمونه‌های ۹ تا ۶

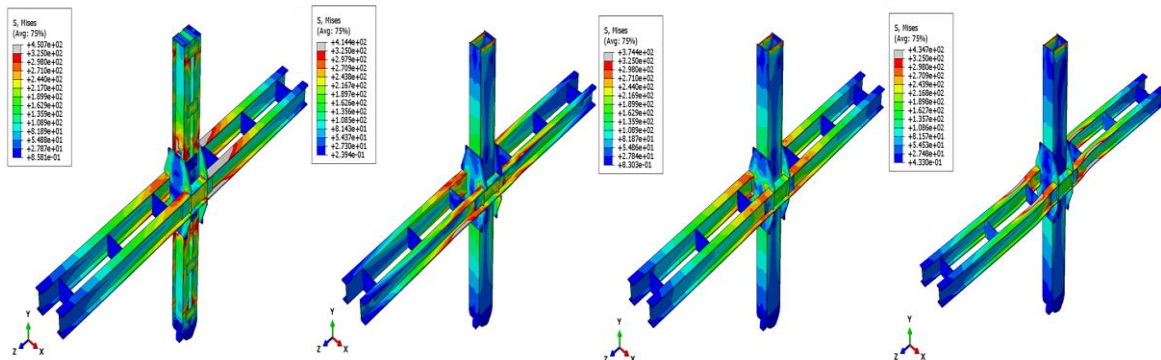
در این نمونه‌ها به بررسی تاثیر مقطع تیرهای خورجینی پرداخته شده است. این نمونه‌ها دارای تیرهایی با مقطع IPE140- UNP160-IPE16 با فاصله ۲۱ سانتیمتر می‌باشد در شکل‌های ۱۳ و ۱۴ نمونه‌های تغییر شکل یافته نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشخص می‌باشد تنش‌های ایجاد شده در بال‌های تیر در نزدیکی‌های اتصال بیشتر از سایر نقاط بوده، به طوری که در برخی نواحی مقادیر تنش از تنش تسلیم فراتر رفته است. کمانش‌های موضعی نیز در بال‌های تیر مشهود می‌باشد. بیشترین مقدار کرنش پلاستیک ایجاد شده نیز در بال و جان تیر در محل اتصال به ستون در محدوده‌ای در حدود فاصله ۳۵ سانتیمتری از بر ستون به صورت

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

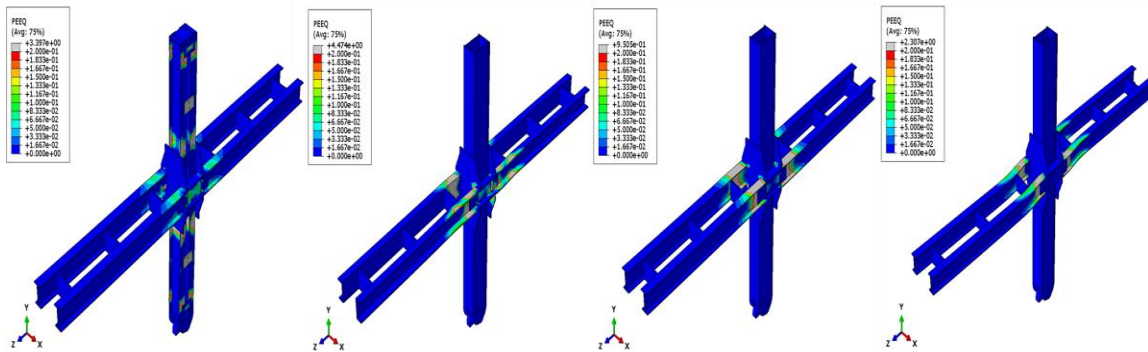
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

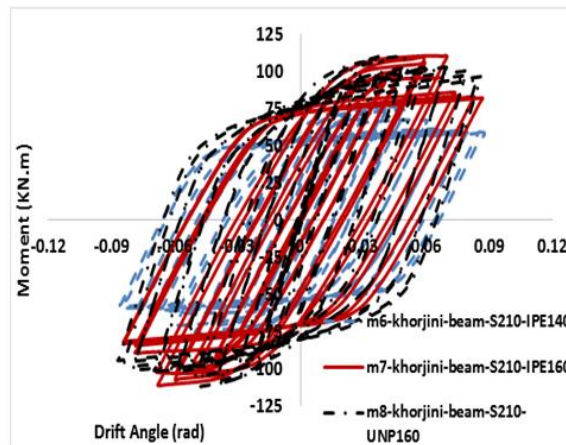
غیریکنواختی ایجاد شده است. همچنین در نمونه با ستونهای دارای ورق منقطع ورقهای اتصال ستون نیز به صورت غیر یکنواختی کرنش پلاستیک توزیع شده است. با مشاهده نتایج می توان گفت که هر سه نمونه دارای رفتار پایداری در سیکل های باربری بوده و تقریباً از دررفت ۴ درصد به بعد با زوال مقاومت و کاهش شیب منحنی روبه رو بوده اند. از نظر عددی نمونه با مقطع تیر UNP160 نسبت به نمونه با مقطع تیر IPE160 و IPE140 به ترتیب ۱ و ۳۰/۷۵ درصد ظرفیت باربری و ۳۲/۴۹ درصد و ۳۴/۷۱ درصد دارای جذب انرژی بهتری می باشد. همچنین نمونه با مقطع تیر UNP160 نسبت به نمونه های ۵ و ۳ به ترتیب ۳۱/۳۴ درصد و ۳۴/۹۲ درصد دارای ظرفیت باربری و ۳۶/۲۳ درصد و ۳۹ درصد جذب انرژی بیشتری می باشد.



شکل (۱۳) به ترتیب از راست به چپ تنش های ایجاد شده در نمونه های ۹ تا ۶



شکل (۱۴) به ترتیب از راست به چپ کرنش پلاستیک ایجاد شده در نمونه های ۹ تا ۶



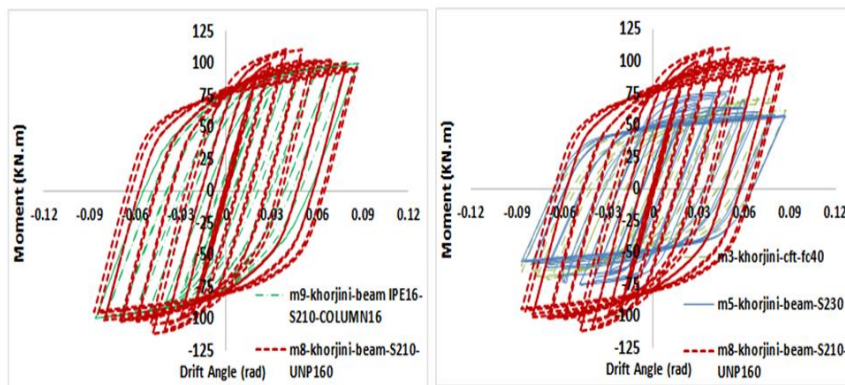
شکل (۱۵) مقایسه منحنی هیستریسیس نمونه های ۸ تا ۶

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

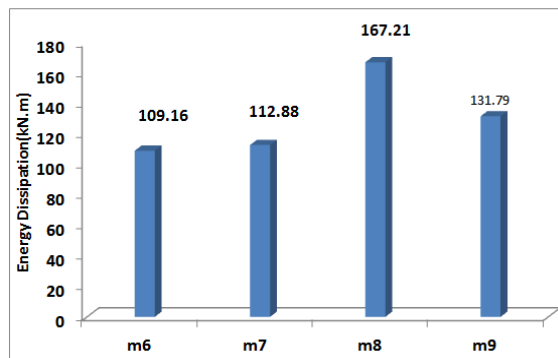
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

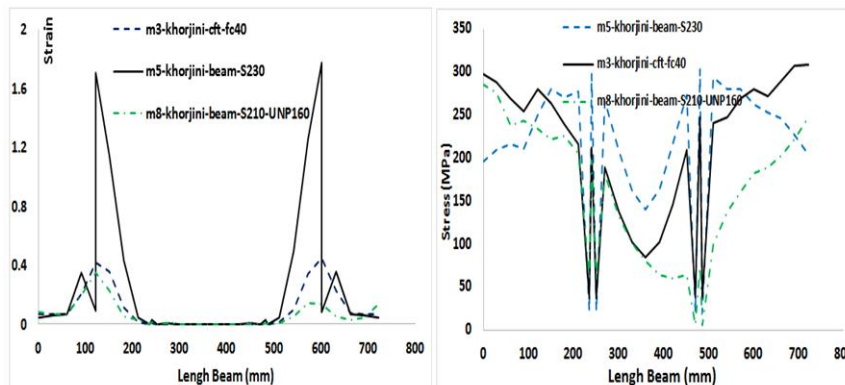
همانطور که در شکل ۱۶ مشاهده می‌شود با مقایسه نمونه‌های ۸ و ۹ هر دو نمونه دارای رفتار پایداری در سیکل‌های باربری داشته و تقریباً از دررفت ۴ درصد به بعد کاهش سختی و افت مقاومت در نمونه‌ها مشاهده می‌شود. از نظر عددی نمونه ۸ نسبت به نمونه ۹ به ترتیب ۹/۸۴ درصد و ۲۱/۱۸ درصد دارای ظرفیت باربری و جذب انرژی بیشتری می‌باشد. در شکل ۱۸ منحنی توزیع تنش و کرنش در طول تیر خورجینی در نزدیکی‌های محل اتصال در برخی نمونه‌های منتخب نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود توزیع تنش و کرنش تقریباً به صورت غیریکنواختی توزیع شده و در برخی نقاط نیز مقدار تنش از حد تسلیم فراتر رفته و تسلیم شدگی مشاهده می‌شود. همچنین تقریباً در حدود ۲۰ الی ۳۵ سانتیمتری از هر ستون بال‌های تیر دچار تغییر شکل‌های غیر الاستیک زیادی شده و کماتش یافته‌اند، به طوری که بیشترین کرنش پلاستیک در این ناحیه ایجاد شده است.



شکل ۱۶) مقایسه منحنی هیستریسیس نمونه‌های ۸ تا ۹



شکل ۱۷) نمودار ستونی جذب انرژی نمونه‌های ۶ تا ۹



شکل ۱۸) توزیع تنش و کرنش در طول تیر خورجینی در نزدیکی‌های محل اتصال

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

۵- نتیجه گیری

هر چند تدوین اصول طراحی اعضای اصلی سازه‌ها نظیر تیرها، ستون‌ها و بادبندها به کمک روابط و ضوابط ارائه شده توسط آیین‌نامه‌های طراحی که خود متکی بر فرمول‌های نظری علم مکانیک سازه‌ها است تقریباً بدون هر گونه پیچیدگی و مشکلی ممکن می‌باشد، لیکن تجزیه و تحلیل رفتار اتصالات یک سازه عمدتاً دارای پیچیدگی‌های خاصی است که بیان آن به تنهایی توسط روابط نظری در اغلب حالات به آسانی میسر نیست و نیاز به انجام آزمایش‌های تجربی برای اطمینان از صحت رفتار آن‌ها می‌باشیم. در این تحقیق بعد از آنالیز نمودارهای چرخه‌ای خروجی نمونه‌ها با استفاده از نرم افزار اکسل با هم مقایسه شده و نمونه‌هایی که دارای بهترین عملکرد و پارامترهای تاثیر گذار دارند، تعیین شدند. در ادامه به ارائه جمع بندی نتایج حاصل از مقایسه نمونه‌های مورد مطالعه پرداخته شده است.

- ۱- با افزایش مقاومت فشاری بتن مقدار جذب انرژی و ظرفیت باربری تا حدودی افزایش یافته است.
- ۲- از نظر توزیع تنش و کرنش، با افزایش مقاومت فشاری مقدار تنش و کرنش پلاستیک در بال تیر کاسته شده و در نواحی کمتری تسلیم شدگی ایجاد شده است.
- ۳- نمونه با بتن ۴۰ مگاپاسکال نسبت به نمونه‌هایی با مقاومت بتن ۳۰ و ۲۰ مگاپاسکال به ترتیب در حدود ۱ و ۱/۵ درصد دارای ظرفیت باربری و ۱/۷۴ و ۳/۶۶ درصد دارای جذب انرژی بیشتری می‌باشند.
- ۴- نمونه‌های ۵و۴ با متغیر فاصله تیرهای خورجینی پرداخته شده است. همانطور که مشاهده می‌شود هر دو نمونه هم در ناحیه الاستیک و هم در ناحیه پلاستیک عملکرد یکسانی داشته و تقریباً از دررفت ۴ درصد دچار افت و زوال سختی شده‌اند. از نظر جذب انرژی و ظرفیت باربری نیز دارای عملکرد یکسانی بوده‌اند.
- ۵- از نظر عددی نمونه با مقطع تیر UNP160 نسبت به نمونه با مقطع تیر IPE160 و IPE140 به ترتیب ۱ و ۳۰/۷۵ درصد ظرفیت باربری و ۳۲/۴۹ درصد و ۳۴/۷۱ درصد دارای جذب انرژی بیشتری بوده است.
- ۶- نمونه با مقطع تیر UNP160 نسبت به نمونه‌های ۵ و ۳ به ترتیب ۳۱/۳۴ درصد و ۳۴/۹۲ درصد دارای ظرفیت باربری و ۳۶/۲۳ درصد و ۳۹ درصد جذب انرژی بیشتری می‌باشد.
- ۷- از نظر عددی نمونه ۸ نسبت به نمونه ۹ به ترتیب ۹/۸۴ درصد و ۲۱/۱۸ درصد دارای ظرفیت باربری و جذب انرژی بیشتری می‌باشد.
- ۸- توزیع تنش و کرنش تقریباً به صورت غیریکنواختی توزیع شده و در برخی نقاط نیز مقدار تنش از حد تسلیم فراتر رفته و تسلیم شدگی مشاهده می‌شود.
- ۹- تقریباً در ۲۰ سانتیمتری از بر ستون بال‌های تیر دچار تغییرشکل‌های غیر الاستیک زیادی شده و کمانش یافته‌اند، به طوری که بیشترین کرنش پلاستیک در این ناحیه ایجاد شده است.

منابع

- ۱- طاهونی، شاپور، مطالعه صلبیت اتصالات خورجینی، دومین کارگاه اتصالات خورجینی مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- ۲- رضائیان، عباس، یحیایی، محمود، (۱۳۹۴)، رفتار اتصالات فولادی تیر به ستون در شرایط آتش‌سوزی، در دومین همایش ملی مهندسی سازه ایران. تهران- دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- ۳- نصیری، ستار، بادامچی، کریم، حسین زاده اصل، مسعود، (۱۳۹۳)، بررسی رفتار انواع اتصالات فولادی در برابر آتش‌سوزی و مقایسه عملکرد آنها، پایان نامه دکتری، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، دانشگاه تبریز، دانشکده عمران.
- ۴- کهزادیان، میلاد، حسنی پور، اکبر، سیاهپلو، نوید، (۱۳۹۳)، ارزیابی تحلیلی رفتار اتصالات صلب رایج فولادی تحت اثر آتش‌سوزی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، موسسه آموزش عالی غیر انتفاعی و غیر دولتی جهاد دانشگاهی خوزستان، دانشکده مهندسی عمران.
- ۵- قاسمی، محمدرضا و شجاعی باغینی، سعید و سلاجقه، علی، (۱۳۹۰)، بررسی نقش و نحوه اتصال تیرهای اتصالات خورجینی به یکدیگر، کنفرانس زلزله، سازه و روشهای محاسباتی، کرمان.
- ۶- قاسمی، محمدرضا، باغینی، سعید، سلاجقه، علی، (۱۳۹۰)، بررسی رفتار و مقاوم سازی اتصالات خورجینی در سازه های قابی فولادی، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده مهندسی، کارشناسی ارشد.

یازدهمین کنگره ملی سراسری فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران

11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran

senaconf.ir

۷- دیلمی، اردشیر و حیدری، بهنام، (۱۳۸۵)، اتصال خورجینی خمشی با شکل پذیری ویژه، همایش آشنایی با تکنولوژیهای نوین بهسازی لرزه‌ای، تهران.

۸- کرمی، کامران و ضیال‌الدینی، هادی و قنبری، فرزاد و عسکری زاده، مرضیه، (۱۳۹۷)، بررسی عملکرد لرزه‌ای و راهکارهای بهسازی سازه های فولادی با اتصالات خورجینی، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و مدیریت توسعه شهری در ایران، تهران.

۹- بخشی، حسین و فقیه خراسانی، فاطمه و رخشانی مهر، مهرا، (۱۳۹۶)، بررسی رفتار اتصالات خورجینی تحت تاثیر مداوم بار ثقلی و جانبی.

10-S.R. Mirghaderi, M. Dehghani Renani, (2008), The rigid seismic connection of continuous beams to column, Journal of Constructional Steel Research 64 (2008) 1516–1529.

11- AISC. Seismic provisions for structural steel buildings. Chicago (Illinois):American Institute of Steel Construction; 2002, 2005.