



ارزیابی لرزه‌ای اتصال پیشنهادی با نبشی و سپری و مقایسه با اتصالات از پیش تایید شده

علی پروری^{۱*}، مهدی وجدیان^۲، سینا ناصری^۱

۱- گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، واحد خمین، دانشگاه آزاد اسلامی، خمین، ایران
۲- گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، واحد الیگودرز، دانشگاه آزاد اسلامی، الیگودرز، ایران.

تاریخچه داوری:

دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۲
بازنگری: ۱۴۰۱/۰۳/۲۸
پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۳
ارائه آنلاین: ۱۴۰۲/۰۹/۰۸

کلمات کلیدی:

سپری
نبشی
اتصال
سخت کننده
بارگذاری سیکلی

خلاصه: در سازه های فولادی اتصالات نقش مهمی را در رفتار سازه دارند. در این مقاله با استفاده از مدلسازی عددی با نرم افزار اجزای محدود آباکوس سعی شده است که چند مدل مختلف از اتصال تیر به ستون فولادی مدلسازی و مورد بررسی قرار گیرد. این مقاله بر روی اثر نوع اتصال تیر به ستون با دو نوع اتصال سپری و نبشی بررسی شده است. از این رو ۲۰ مدل با شرایط متفاوت ضخامت متفاوت و نوع متفاوت سخت کننده و همچنین ۶ مدل با ستون پر شده از بتن مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. جهت مدلسازی از نرم افزار اجزای محدود آباکوس استفاده شده است. کلیه مدل ها در این نرم افزار مدلسازی شده است. برای بارگذاری از بار سیکلی استفاده شده است. نتایج نشان می دهد که مدل با سخت کننده سپری دارای ظرفیت بالاتری بوده است و نسبت به سخت کننده نبشی از ۱۲ تا ۲۸ درصد ظرفیت خمشی بالاتری در اتصال داشته است. با افزایش ضخامت نبشی و یا سپری اتصال تیر به ستون تا حدود ۱۲ تا ۲۵ درصد ظرفیت افزایش داشته است، در ضخامت ۱۸ میلیمتر ظرفیت لنگر به میزان ۱۲ درصد افزایش و در ضخامت ۲۰ میلیمتر به میزان ۲۵ درصد افزایش مشاهده شده است. مدل ستون پر شده با بتن نسبت به مدل مشابه بدون بتن نزدیک ۱۵ تا ۲۵ درصد اختلاف دارند و مدل ستون پر شده با بتن از ظرفیت باربری بیشتری برخوردار است.

۱- مقدمه

اتصالات وظیفه انتقال نیروها از یک عضو سازه به عضو دیگر سازه و یا به تکیهگاه را برعهده دارند. بررسی عملکرد اتصالات در سازه های فولادی از اهمیت بالایی برخوردار است و چنانچه طراحی و اجرای این اتصالات با دقت انجام نشود، موجب خرابی در اتصال می شود و همچنین تأثیرات مخربی نیز بر اعضای سازه و در نتیجه کل سازه خواهد داشت. در دهه ۱۹۶۰ مهندسی سازه بر این باور بودند که سیستم قاب های مقاوم خمشی فولادی با اتصالات جوشی در رده شکل پذیرترین سیستم های سازه ای قرار دارند و اگر خسارت سازه ای رخ دهد محدود به جاری شدن اعضای قاب بوده و اتصالات آن به صورت الاستیک باقی می ماندند. با وقوع زلزله نورتریج در ۲۷ ژانویه سال ۱۹۹۴ بسیاری از ساختمان ها که سیستم سازه ای آنها از قاب مقاوم خمشی فولادی بود دچار شکست ترد در ناحیه اتصال تیر به ستون شدند. به دنبال مطالعات خرابیهای زلزله نورتریج، مشخص شد آنچه در طراحی لرزه ای سازه ها علاوه بر مقاومت و سختی بایستی در نظر گرفته شود، شکلپذیری

است. این فلسفه جدید طراحی لرزه ای، به طراح این اجازه را میدهد که بخشهایی از سازه را ضعیف تر از بخشهای دیگر طراحی نماید تا در هنگام زلزله این بخشهای ضعیف حتماً وارد ناحیه پلاستیک شوند و باعث جذب و اتلاف انرژی زلزله گردند [۱].

وانگ و همکاران [۲]، در سال ۲۰۱۹ به بررسی رفتار تیر فولادی متصل به ستون پر شده با بتن CFT با صفحه انتهایی پرداخته اند. اتصالات ستون پر شده با بتن عملکرد عالی در مقاومت در برابر بارهای لرزه ای در مناطق پرخطر ارائه می دهد. با این حال، مکانیسم انتقال بار از این نوع اتصال هنوز ناشناخته است و در این زمینه مطالعات به اندازه کافی نمی باشد. از اینرو در این مقاله به بررسی رفتار اتصال تیر به ستون پر شده با بتن با صفحه انتهایی پرداخته شده است. در این مقاله از طریق آزمایشات و تجزیه و تحلیل عناصر محدود این اتصال را مورد ارزیابی قرار داده است. حالت های شکست، مقاومت، سختی، انعطاف پذیری و اتلاف انرژی این نوع اتصال را مورد بررسی قرار داده اند. نتایج آزمایش نشان داد که صفحات در اتصالات CFT می توانند به طور موثری مفصل پلاستیکی را بر روی تیر به دور از

* نویسنده عهده دار مکاتبات: ali.parvari@iau.ac.ir



ستون منتقل کنند و باعث کاهش نیرو می شود.

احمدی و همکاران [۳]، در سال ۲۰۱۹، به بررسی آزمایشگاهی اتصال خمشی با ورق سخت کننده پرداخته اند. در این مطالعه به بررسی اتصال خمشی جدید برای تیر فولادی توخالی (HSS) و ستون های لوله پر از بتن (CFT) با استفاده از تکنیک درون صفحه پرداخته اند. پروتکل بارگذاری براساس AISI / AISC341-16 انتخاب شده است. یک نیروی فشاری محوری مربوط به ۱۰٪ از ظرفیت محوری ستون بر روی ستون اعمال شده است. اهداف این مطالعه براساس آزمایش انجام شده شامل: (۱) ارزیابی عملکرد اتصال تحت بارگذاری چرخه ای و (۲) ارزیابی مؤلفه های اتصال برای استخراج پارامترهای طراحی کلیدی. برای بررسی تأثیر بتن بر عملکرد اتصال، یکی از ستون ها به صورت HSS و یکی دیگر به صورت ستون های CFT با استفاده از همان لوله فولادی ساخته شدند. در کلیه نمونه ها، مفصل پلاستیک در تیر متمرکز است، بدون این که به ستون یا اجزای اتصال آسیب برساند. اتصال پیشنهادی از مقاومت، سختی و انعطاف پذیری بسیار بالایی برخوردار است و به عنوان یک اتصال مقاوم و سخت طبقه بندی می شود. علاوه بر این، این رفتار پایدار چرخه ای و اتلاف انرژی زیاد تا حداقل ۶٪ از طبقه را نشان می دهد و ضوابط لرزه ای AISC را به عنوان یک اتصال خمشی خاص برآورده می کند.

در مطالعه دیگر که توسط آتماچی و همکاران [۴]، در سال ۲۰۱۹، بر روی مدل اتصال فولادی پر شده با بتن انجام داده است، خلاصه ای از این تحقیق به این شرح می باشد. انواع مختلفی از فناوری ساختاری به سرعت شروع به توسعه کردند که یکی از آنها فولاد کامپوزیت بود. فولاد کامپوزیت (لوله یا باکس بتنی) سازه ای است که از دو یا چند ماده با خواص مواد مختلف تشکیل شده و یک واحد را تشکیل می دهد تا خواص ترکیبی بهتری تولید کند. در مقایسه با فولاد معمولی، این ستون دارای مزایای بسیاری از قبیل قالب بندی مناسب برای هسته های بتنی تهیه شده توسط لوله های فولادی، افزایش مقاومت و انعطاف پذیری خوب است. این مطالعه با در نظر گرفتن تغییرات در ستون CFT در اتصال با استفاده از نرم افزار اجزای محدود آباکوس، از ستون CFT به عنوان متغیر اصلی استفاده می کند. روش تحقیق از دو مرحله تحلیل تشکیل شده است، یکی تحلیل استاتیکی عمومی و دیگری تحلیل استاتیکی ریسک می باشد. نتایج این دو روش تحلیل نزدیک و رفتار یکسانی را از خود نشان می دهد. مدل سازی الزامات اتصالات تیر به ستون را که می تواند در سیستم سازه های قاب بتنی کامپوزیت استفاده شود، برآورده کرده است. براساس نتایج مدل سازی،

اتصال قابلیت انعطاف پذیری کافی را برآورده کرده است.

محققین دیگر بر روی ضوابط آیین نامه اروپا تحقیقاتی انجام داده اند [۵]. دیوار برشی فولادی یکی از انواع سیستم های بار بر جانی می باشد که استفاده از آن در صنعت ساختمان رو به گسترش است. عملکرد مناسب دیوار برشی فولادی که بر اساس گسترش میدان کششی می باشد، تا حد زیادی وابسته به المان های مرزی شامل تیرها و ستون ها می باشد. به عبارت دیگر در فرایند استهلاک انرژی طی تسلیم ورق نازک جان نیروهای قابل ملاحظه ای به المان های مرزی وارد می گردد. از این رو برای آنکه سازه مجهز به سیستم دیوار برشی فولادی از عملکرد مناسبی برخوردار باشند می بایست المان های مرزی علی الخصوص ستون ها دارای رفتار الاستیک باشند. در این مقاله برای کنترل رفتار الاستیک ستون ها استفاده از ستون های دارای مقاطع قوطی شکل فولادی پر شده با بتن بعنوان المان مرزی و نیز پانل های حلقه ای شکل بعنوان ورق جان پیشنهاد شده است. به منظور کنترل رفتار الاستیک ستون، بیرون کشیدگی بال مجاور ورق پرکننده مورد بررسی قرار گرفته شده است. مشاهده می شود که استفاده از ورق های حلقه ای شکل اثر قابل ملاحظه ای در کاهش بیرون کشیدگی بال ستون دارند. به عبارت دیگر استفاده از ورق های حلق دار می تواند از تسلیم المان های مرزی قائم جلوگیری کند [۶].

در کار قلعه نویی و همکاران [۷]، در سال ۲۰۱۹، در پژوهشی با رویکرد آزمایشگاهی به مطالعه رفتار ستون های فولادی پر شده با بتن (CFT) تحت بار فشاری با خروج از مرکزیت پرداخته است. در این پژوهش ۶ نمونه ستون CFT با مقطع شش ضلعی و با طول ۱۵۰ سانتی متر تحت آزمایش قرار گرفته است. بتن مورد استفاده به عنوان هسته ی مقطع از نوع بتن ساده و بتن الیافی بوده است. تغییر مکان ها در دو راستای محور طولی و تغییر مکان جانی ناشی از لنگر خمشی برداشت شده و نمودار نیرو- تغییر مکان برای تمامی نمونه ها و در هر دو جهت رسم شده است. ظرفیت باربری و میزان جذب انرژی محاسبه شده و مورد تحلیل و مقایسه قرار گرفته است. همچنین برای نمونه هایی که تحت بار فشاری خالص قرار گرفته اند، مدول کشسان و سختی الاستیک نیز به دست آورده شده است. افزایش مقاومت هسته ی بتنی به طور قابل توجهی ظرفیت باربری نمونه ها را افزایش می دهد به طوری که افزایش حدوداً ۵۰٪ مقاومت هسته ی بتنی سبب افزایش حدوداً ۲۰٪ ظرفیت باربری نمونه می شود؛ اما با ایجاد لنگر و افزایش آن از تأثیر مقاومت هسته ی بتنی به شدت کاسته می شود. همچنین بر اساس نتایج مشخص گردید نمونه های پر شده با بتن الیافی دارای جذب انرژی بیشتری

نسبت به بتن نمونه‌های پر شده با بتن ساده می‌باشند.

حجازی و همکاران [۸]، در سال ۱۳۹۷، بر روی پارمترهای عملکرد اتصال جوشی تحت بارگذاری چرخه ای مطالعه ای انجام دادند. در این تحقیق رفتار صفحات اتصال در قاب فولادی مهاربندی همگرا با استفاده از مهاربند با پروفیل دابل و لقمه‌های اتصال بررسی شده است. رفتار این نوع اتصال با استفاده از مقایسه انرژی اتلاف شده، کرنش‌های پلاستیک جوش اتصال صفحه به تیر، ستون و مهاربند، کرنش‌های پلاستیک وسط دهانه مهاربند و نیز مطالعه تنش‌های فون میز و کرنش‌های پلاستیک صفحه مورد بررسی قرار گرفته است. پارامترهای مورد بررسی شامل ضخامت صفحه اتصال، شکل صفحه اتصال، استفاده از خطوط خمش خطی و بیضوی و عدم وجود خط آزاد خمش، استفاده از سخت‌کننده در لبه ورق، طولی و داخلی، و استفاده از مهاربندی با پروفیل تکی یا دابل می‌باشند. بررسی پارامتری به روش آنالیز غیرخطی سه بعدی المان محدود با استفاده از نرم افزار اجزای محدود آباکوس صورت گرفته است. بررسی‌ها نشان داد که حذف خط آزاد خمش مقادیر کرنش‌های پلاستیک جوش اتصال صفحه به مهاربند و کرنش‌های پلاستیک صفحه اتصال را به شدت افزایش می‌دهد. بیشترین مقدار اتلاف انرژی در نمونه با سخت‌کننده در لبه ورق بوده است که نسبت به نمونه بدون سخت‌کننده ۱۵/۴٪ افزایش یافته است.

در کار حجازی و همکاران [۹]، در سال ۱۳۹۴، با استفاده از مدل سازی عددی به روش اجزا محدود غیرخطی در محیط نرم افزار آباکوس، به بررسی رفتار ستون‌های مرکب شامل لوله‌های فولادی پر شده از بتن تحت بارگذاری جانبی و تحت بار محوری فشاری پرداخته شده است. مدل‌های مورد بررسی در این تحقیق به دو دسته (الف) ستون‌های مرکب یک سر آزاد و یک سر گیردار که در سر آزاد خود تحت بار محوری فشاری قرار گرفته اند و (ب) ستون‌هایی با دو انتهای گیردار که در وسط ارتفاع خود تحت تغییر مکان جانبی قرار گرفته اند، تقسیم شده اند. در مدل‌های گروه (الف) اثر عوامل نظیر طول ستون و نوع تماس بین هسته بتنی و جداره فولادی بر روی ظرفیت باربری محوری ستون بررسی شده است. مطابق نتایج حاصله در ستون‌های کوتاه در حالت تماس نامقید، ستون مرکب ظرفیت باربری محوری بیشتری دارد. براساس نتایج تحلیل مدل‌های گروه (ب) با افزایش طول ستون، ظرفیت باربری جانبی آن‌ها به شدت کاهش می‌یابد.

ناطق الهی و طباطبایی [۱۰] در تحقیق خود به بررسی رفتار اتصال خمشی تیر به ستون تقویت شده با استفاده از صفحات کناری پرداختند. استفاده از تیرهای I شکل و ستون‌های قوطی در سازه‌های فولادی ایران

در ساختمان‌های بلند بسیار متداول است. نقطه ضعف اساسی این سازه‌ها اتصالات آنهاست. برای اصلاح این اتصالات استفاده از اتصال با صفحه‌ی کناری توصیه می‌شود. برای دسترسی به رفتار این نوع اتصال از تحلیل استاتیکی غیرخطی و با استفاده از برنامه‌ی انسیس رفتار هیستریزس این اتصال با توجه به تغییر ابعاد تیر و ستون و تغییر ضخامت ورق کناری تحلیل شده است. نتایج این تحقیق نشان داد سیستم اتصال تیر با ستون با صفحات کناری قادر است تمام ظرفیت خمشی پلاستیک تیر را به ستون انتقال دهد و باعث تشکیل مفصل پلاستیک در درون تیر شود. لذا این سیستم اتصال در طبقه اتصالات کاملاً مقاوم قرار می‌گیرد. نمودارهای استخراج شده از نتایج تحلیل نشان‌دهنده‌ی مقاومت، سختی و میزان شکل‌پذیری قابل قبول برای این اتصال پیشنهادی است و می‌توان از آن‌ها در قاب‌های خمشی ویژه در مناطقی با لرزه‌خیزی زیاد استفاده کرد. یکی از مهم‌ترین مزایای این اتصال عدم نیاز به ورق‌های پیوستگی در داخل ستون است.

مایکول و همکاران [۱۱]، در سال ۲۰۱۹ با استفاده از مدل آزمایشگاهی به بررسی رفتار اتصال تحت شرایط بار ثقلی و بار زلزله پرداختند. در این مطالعه به طور خاص، مقاومت جانبی و مکانیسم‌های مقاومت جانبی قاب، مورد آزمایش قرار گرفته و با شبیه سازی‌های عددی براساس روش‌های مدل سازی پیشرفته مقایسه شده اند. داده‌های حاصل از این آزمایش‌ها بینش ارزشمندی در مورد رفتار قاب و تأیید مدل‌های قاب در سطح سیستم بیان شده می‌دهند.

یوسوجا و همکاران [۱۲]، در مقاله‌ای بر روی اتصالات ستون‌های پر شده با بتن مطالعه انجام داده اند. در این مطالعه در گام اول ادبیات موجود در مورد مقاومت خمشی لوله‌های فولادی پر شده با بتن دایره‌ای (CFSTs) بررسی شده است. با استفاده از یک پایگاه داده بسیار گسترده از آزمایش‌های خمشی منتشر شده نسبت به مطالعات مروری قبلی، کاربرد و محافظه‌کاری چهار استاندارد طراحی رایج برای ارزیابی ظرفیت خمشی CFST های دایره‌ای از طریق این بررسی اثبات شده است. این مورد بدون توجه به نوع بتن مورد استفاده برای پر کردن لوله‌های فولادی CFST دایره‌ای تأیید شد. تجزیه و تحلیل قابلیت اطمینان انجام شده بر اساس ۲۱۹ آزمایش خمشی CFST دایره‌ای به دست آمده از ادبیات، تأیید می‌کند که عوامل ظرفیت ذکر شده برای فولاد و بتن در AS / NZS 2327 سطح اطمینان کافی را برای طراحی سازه فراهم می‌کند. فاکتورهای ظرفیت تنظیم شده برای شاخص قابلیت اطمینان هدف از مقادیر ارائه شده در استاندارد فراتر رفت و در نتیجه محافظه‌کاری آیین نامه را تأیید کرد. علاوه بر این، مشخص

شد که محدودیت های مشخص شده برای رفتار فشرده در استانداردهای طراحی به طور قابل توجهی محافظه کارانه هستند. آزمایش های خمشی بیشتر روی لوله های با قطر بزرگ تر با دیواره های نازک تر و استحکام فولاد بالاتر برای تعیین محدودیت های واقعی مورد نیاز است. همچنین برای تعیین تأثیر روش ساخت لوله فولادی بر ظرفیت خمشی CFST های دایره ای، آزمایش های بیشتری لازم است.

نادر فنایی و همکارانش [۱۳] در مقاله های به بررسی رفتار اتصال تیر به ستون فولادی پر شده با بتن با سخت کننده های T شکل پرداختند. تحقیقات آنها تمرکز تنش را در محل اتصال نشان داد که منجر به کاهش انعطاف پذیری میشد. در این پژوهش دو مجموعه از مدل های تحلیلی با سوراخ های ثابت و متغیر مورد بررسی قرار گرفت.

در مطالعه ای بر روی رفتار لرزه ای اتصال فولادی پیشنهادی با ستون قوطی شکل پر شده با بتن پرداخته شده است و نتایج این مطالعات نشان داد که تعداد سوراخ بهینه و الگوی مناسب سوراخ کاری بال تیر عملکرد و رفتار لرزه ای اتصال را بهتر کرده است [۱۴].

وانگ و همکاران [۱۵]، در سال ۲۰۱۹ به بررسی عملکرد اتصال فولادی با آلیاژ حافظه دار پرداختند و نتایج این تحقیق نشان از عملکرد خوب و انعطاف پذیری اتصال در هنگام بار زلزله بسیار شدید و همچنین کارایی بالای این اتصال داشت. علاوه بر این، مدل تحلیلی از طریق مقایسه با نتایج آزمایش به دست آمده در حالت های حد اصلی مورد تایید قرار گرفت.

در این پژوهش، با استفاده از نرم افزار آباکوس، اتصال تیر به ستون فولادی پر شده با بتن و بدون بتن مدلسازی شده است و اثر سپری و نبشی در محل اتصال بررسی شده است. این کار با تغییر در ضخامت نبشی و سپری یک بار برای اتصال تیر به ستون قوطی پر شده با بتن و یک بار برای اتصال تیر به ستون فولادی انجام شده است. علاوه بر این اتصالات از پیش تایید شده مبحث دهم مقررات ملی ساختمان نیز جهت مقایسه و بررسی رفتار اتصال مدلسازی شده است. در آخر، موثرترین و بهینه ترین حالت اتصال معرفی شده است و رفتار آن با اتصال از پیش تایید شده مبحث دهم مقررات ملی ساختمان مقایسه شده است. در این مطالعه سعی شده است که دو نوع اتصال پیشنهادی با مقاطع پروفیل های سپری و نبشی که در بازار موجود می باشد، ارائه شود. از اینرو مزیت استفاده از این مقاطع این می باشد که نیاز به ساخت قطعه جهت اتصال نمی باشد و با برش می توان اتصال را فراهم نمود. علاوه بر این مقطع سپری سختی بیشتری نسبت به مقطع نبشی دارد و این یک مزیت برای این نوع از اتصال می باشد. اتصال از پیش تایید شده

به دلیل روش اجرای آن ممکن است به خوبی اجرا نشود و در عملکرد آن اختلال به وجود بیاید ولی در اتصال مورد نظر کافی است که فاصله ها و برش های دقیق اجرا شود و در این صورت از لحاظ اجرایی راحت تر و سریع تر می باشد. پروفیل سپری به دلیل شکل خاص آن از سختی بالاتری برخوردار بوده است و این امر منجر به افزایش سختی اتصال شده است. اتصال با نبشی به صورت شکل پذیرتر بوده است. یکی از نکات در این اتصال نبشی و سپری تقارن بین بالا و پایین آن است. در حرکت رفت و برگشت زلزله این تقارن به نحوه مناسبی عمل نموده است و این امر در نمودارهای هیستریزیس نیز مشاهده می شود که در قسمت فشاری و کششی عملکرد مناسبی داشته است. از طرفی یکی دیگر از دلایل پایین قرار دادن نبشی به این دلیل است که در حرکت رفت و برگشت زلزله در قسمت انتهایی بالا و جان تیر نیروی ناشی از لنگر خمشی زیاد است و این امر منجر به لهیدگی بال نبشی می شود، در صورتی که نبشی به صورت برعکس روی اتصال نصب شود ولی در این حالت با اتکا به بال و جان تیر و همچنین افزایش سختی از لهیدگی آن جلوگیری می شود.

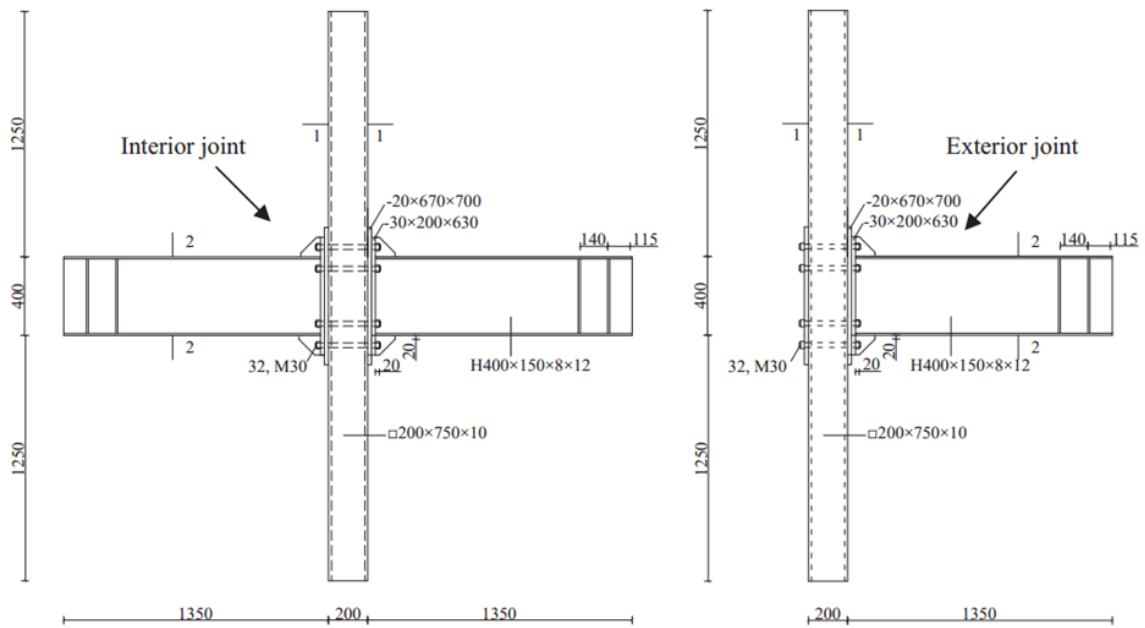
۲- شرح روند انجام پژوهش

۲-۱- صحت سنجی

در این بخش جهت حصول اطمینان از صحت نتایج تحلیل های انجام شده توسط نرم افزار اجزای محدود آباکوس، یک نمونه اتصالات تیر به ستون فولادی انجام شده توسط ژولی و همکاران [۱۶]، با استفاده از نرم افزار آباکوس مدل سازی شد و تحت عنوان نمونه های Abaqus نام گذاری گردید. در ادامه نمونه های مذکور تحت بارگذاری چرخه ای افزایشنده مورد تحلیل قرار گرفته و نتایج حاصل از تحلیل با نتایج مطالعه آزمایشگاهی کنترل می شود. مقطع تیر از نوع $12 \times 8 \times 150 \times H400$ که به ترتیب ارتفاع، طول بال، ضخامت جان و ضخامت بال (برحسب میلیمتر) و مقطع ستون از نوع باکس به طول و عرض 200×750 با ضخامت ۱۰ میلیمتر می باشد.

جهت مدل سازی بتن از المان های مکعبی هشت گره ای و برای تیر، ستون و ورق T شکل سخت کننده از المان توپر Solid استفاده گردید. همچنین هندسه مدل سازی شده با استفاده از دستور پارتیشن بندی برای مش بندی منظم، پارتیشن بندی گردیده است.

شرایط مرزی نمونه آزمایشگاهی به این صورت بود که تغییر مکان تمامی گره های واقع در بالا و پایین ستون به صورت گیردار مقید گردیدند. همچنین برای کماتش خارج از صفحه تیر نیز در قسمت میانی مقید گردیده است. کلیه



(a) Typical geometry

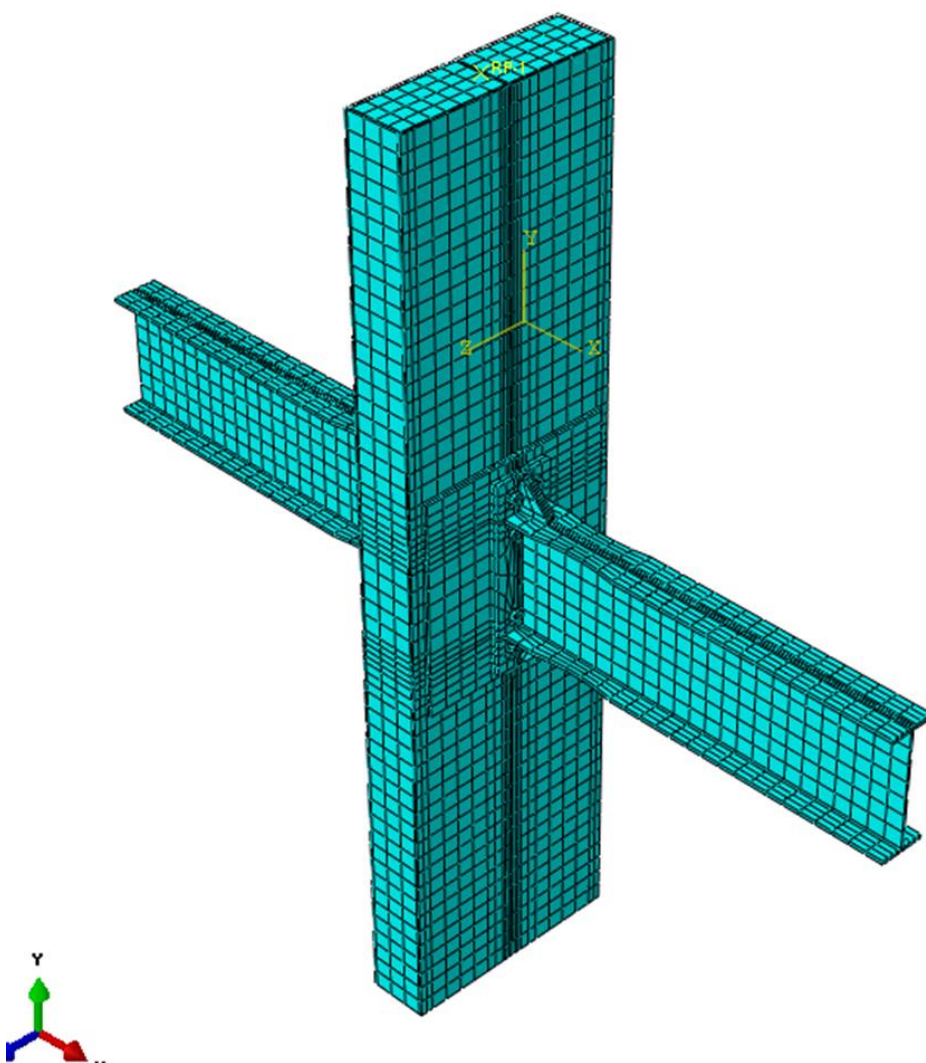
شکل ۱. مشخصات هندسی مدل عددی [۱۶]

Fig. 1. Geometric specifications of the numerical model [16]

جدول ۱. مشخصات مصالح نمونه آزمایشگاهی [۱۶]

Table 1. Characteristics of laboratory sample materials [16]

| ضخامت اسمی (mm) | ضخامت اندازه گیری شده (mm) | f_y (N/mm ²) | f_c (N/mm ²) | کرنش |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------|
| ۵ | ۴/۸۸ | ۳۴۷ | ۴۹۹ | ۳۵/۰ |
| ۶ | ۵/۴۹ | ۳۵۸ | ۴۹۴ | ۳۳/۱ |
| ۷ | ۷/۶۶ | ۳۸۶ | ۵۳۴ | ۲۹/۸ |



شکل ۲. مدل عددی ساخته شده در نرم افزار

Fig. 2. Numerical model made in the software

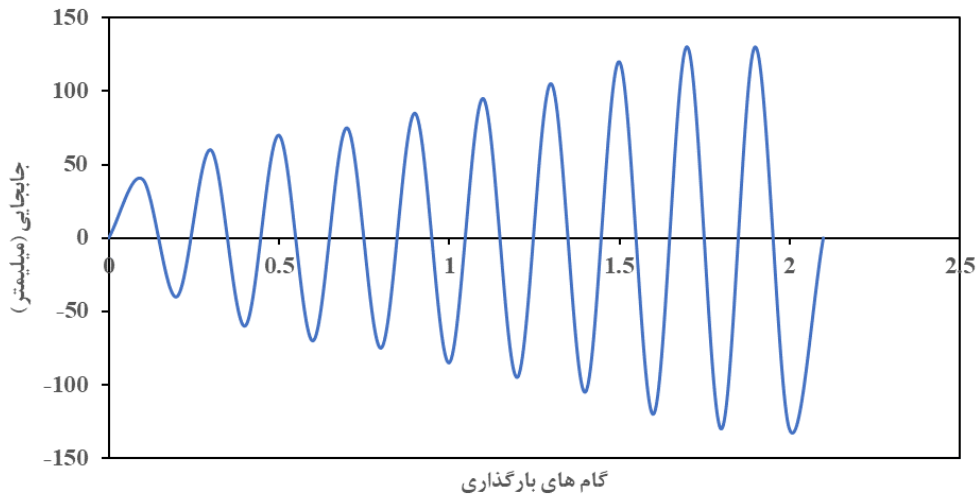
است که در آزمایشگاه و مدل نرم افزاری تعریف می شود. علاوه بر این در نرم افزار تقریباً شرایط ایده آل در نظر گرفته شده است و موجب این خطا شده است. در کل با تطبیق لنگر و دوران مدل و نمونه آزمایشگاهی مشاهده می شود که این تطبیق به صورت مناسبی حاصل آمده است.

۲-۲- شرح مدلسازی

برای ستون از مقطع ستون باکس شکل با ابعاد ۵۵۰ در ۵۵۰ با ضخامت ۲۰ میلیمتر استفاده شده است و عرض بال تیر I شکل $b_{fb} = 20 \text{ cm}$ ، ضخامت بال تیر $t_{fb} = 1.6 \text{ cm}$ ، ضخامت جان تیر $t_{wb} = 1.02 \text{ cm}$

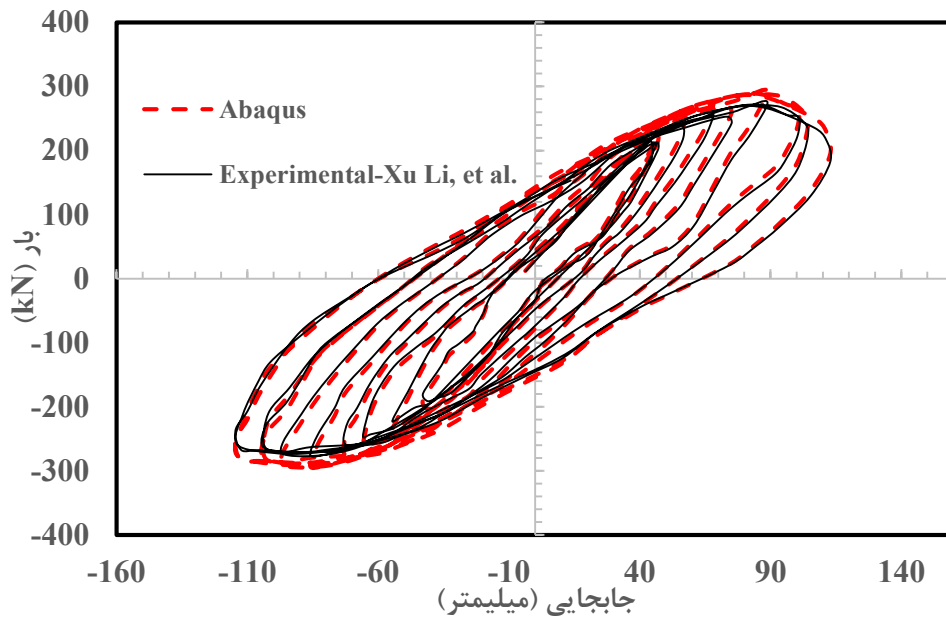
شرایط مرزی و تکیه گاهی در مدلسازی اعمال گردیده است. بارگذاری نیز به صورت تاریخچه زمانی به مانند شکل ۳ به مدل اعمال شده است.

منحنی حاصل از کار مدل J_1 و مقاله در شکل ۴ با هم مقایسه شده اند. با بررسی اختلاف دو مدل مشاهده می شود که نیروی اندازه گیری شده در نرم افزار آباکوس ۱۱ درصد بیشتر از نیروی آزمایشگاهی بدست آمده است، که آن هم به علت شرایط مدلسازی ایده آل در نرم افزار آباکوس می باشد. این خطا نیز طبیعی می باشد، زیرا شرایط آزمایشگاهی و مدلسازی با هم تفاوت هایی دارند، که بخشی از آن مربوط به تفاوت مصالح و جنس مصالحی



شکل ۳. نمودار بارگذاری اعمال شده به مدل [۱۶]

Fig. 3. Load diagram applied to the model [16]



شکل ۴. مقایسه نمودار بار - تغییر مکان مدل عددی با نمونه های آزمایشگاهی

Fig. 4. Comparison of the load diagram - displacement of the numerical model with laboratory samples

جدول ۲. مشخصات تیر و ستون

Table 2. Specifications of beams and columns

| مشخصات مصالح | ضخامت جان (mm) | ضخامت بال (mm) | طول بال (mm) | ارتفاع (mm) | نوع مقطع | مقطع |
|--------------|----------------|----------------|--------------|-------------|----------|------|
| St37 | 10.2 | 16 | 200 | 500 | IPE | تیر |
| St37 | 20 | 20 | 550 | 550 | جعبه ای | ستون |

جدول ۳. مدل های مورد مطالعه

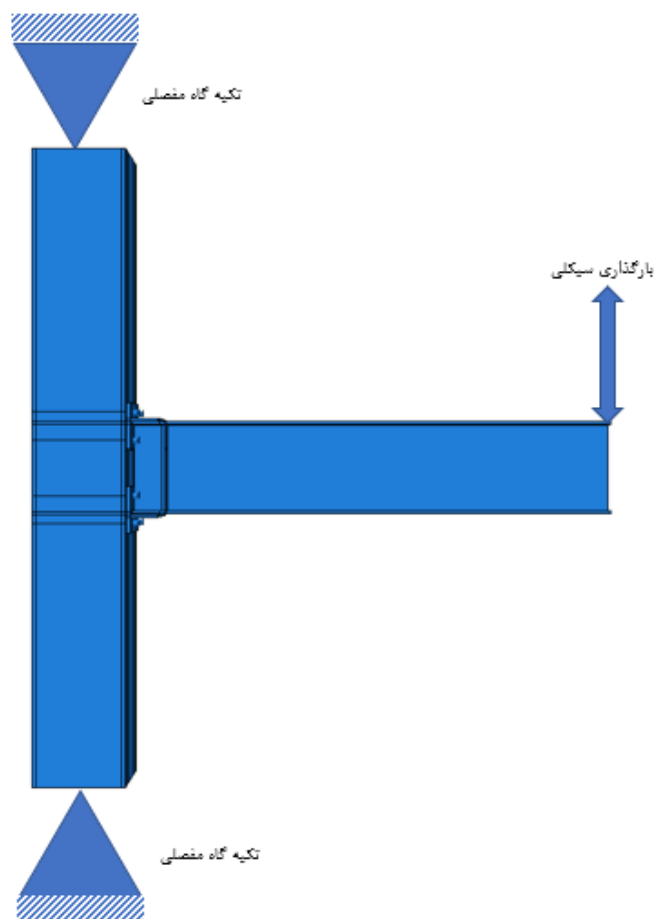
Table 3. The studied models

| نام مدل | ضخامت پلیت اتصال | نسبت ضخامت بال به جان | نوع ورق | بتن |
|---------|------------------|-----------------------|---------|-------|
| DL01 | 15 | 1.57 | نبشی | ندارد |
| DL02 | 18 | 1.57 | نبشی | ندارد |
| DL03 | 20 | 1.57 | نبشی | ندارد |
| DS01 | 15 | 1.57 | سپری | ندارد |
| DS02 | 18 | 1.57 | سپری | ندارد |
| DS03 | 20 | 1.57 | سپری | ندارد |
| DL04 | 15 | 1.33 | نبشی | ندارد |
| DL05 | 18 | 1.33 | نبشی | ندارد |
| DL06 | 20 | 1.33 | نبشی | ندارد |
| DS04 | 15 | 1.33 | سپری | ندارد |
| DS05 | 18 | 1.33 | سپری | ندارد |
| DS06 | 20 | 1.33 | سپری | ندارد |
| DL07 | 15 | 1.14 | نبشی | ندارد |
| DL08 | 18 | 1.14 | نبشی | ندارد |
| DL09 | 20 | 1.14 | نبشی | ندارد |
| DS07 | 15 | 1.14 | سپری | ندارد |
| DS08 | 18 | 1.14 | سپری | ندارد |
| DS09 | 20 | 1.14 | سپری | ندارد |
| DLC01 | 15 | 1.57 | نبشی | دارد |
| DLC02 | 18 | 1.57 | نبشی | دارد |
| DLC03 | 20 | 1.57 | نبشی | دارد |
| DSC01 | 15 | 1.57 | سپری | دارد |
| DSC02 | 18 | 1.57 | سپری | دارد |
| DSC03 | 20 | 1.57 | سپری | دارد |

عمق جان تیر $d_b = 50 \text{ cm}$ است. در جدول ۲ مشخصات تیر و ستون در اتصال مورد مطالعه نمایش داده شده است.

فاصله آکس به آکس ستون های دو طرف تیر ۵/۲ متر می باشد. پارامترهای در نظر گرفته شده در جدول ۳ برای مدل ها عبارتند از:

- سخت کننده به صورت سپری و نبشی در نظر گرفته شده است.
- ضخامت سخت کننده در سه رده ۱۵، ۱۸ و ۲۰ میلی متر در نظر گرفته شده است. سه رده از ضعیف به قوی تنظیم شده است و در این حالت درصد افزایش سختی و شکل پذیری به همراه مقاومت بدست می آید.



شکل ۵. شرایط تکیه گاهی و بارگذاری مدل مورد بررسی

Fig. 5. Support and loading conditions of the investigated model

تعویض و جایگزین می باشد و از اینرو یکی دیگر از ویژگی های این اتصال می باشد.

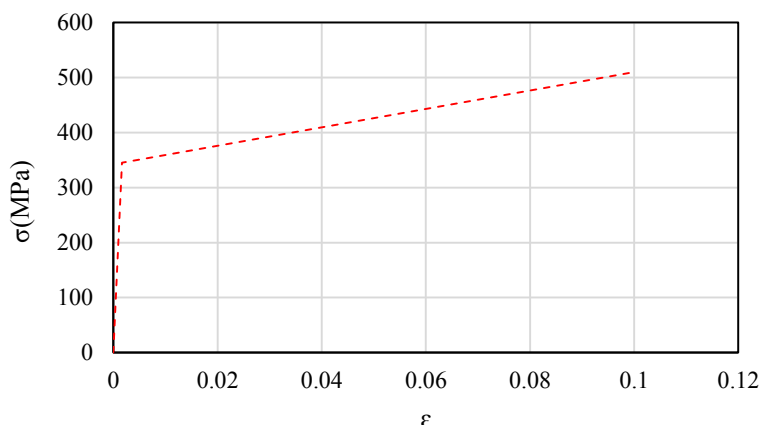
بارگذاری مانند نمونه صحت سنجی انجام شده است، شرایط تکیهگاهی برای دو انتهای ستون از مفصل انتخاب شده است. بارگذاری نیز از پروتکلی که در شکل ۳ نمایش داده شده است، اعمال شده است، این پروتکل براساس استاندارد ANSI/AISC341-10 [۱۷] می باشد. برای مصالح تیر و ستون از فولاد ST37 استفاده شده است. شکل ۵ شرایط تکیه گاهی و نحوه بارگذاری نمایش داده شده است.

در این پژوهش رفتار تک محوره فولاد به وسیله ی مدل پلاستیسته ی کلاسیک فلزات^۱ در نرم افزار آباکوس شبیه سازی شدند. در شکل ۶ منحنی تنش- کرنش فولاد مورد استفاده در این مطالعه نمایش داده شده است.

• با توجه به پارامترهای فوق تعداد مدل ها ۲۶ عدد شده است.
 • در تعداد ۶ عدد از مدل ستون از بتن پر شده است. مقاومت فشاری بتن ۲۵ مگا پاسکال اعمال شده است.
 در جدول زیر مشخصات مدل های مورد مطالعه به همراه نامگذاری آنها نمایش داده شده است.

در جدول ۳ مشخصات مدل های مورد مطالعه ارائه شده است. از ویژگی های این اتصال اجرای راحت و سریع این اتصال است. از جمله مزایای دیگر آن مونتاژ اتصال در کارگاه می باشد و به راحتی می توان نبشی و یا سپری را بر روی تیر جوش داد و از طرف دیگر اتصال بسیار ساده می باشد. از دیگر ویژگی های این اتصال می توان به این مورد اشاره کرد، که با توجه به اینکه نبشی و سپری در بازار موجود می باشد لذا اجرای آن ارزان تر تمام خواهد شد. در هنگام زلزله نیز اگر خرابی در اتصال اتفاق بیفتد قابل

1 Classical Metal Plasticity



شکل ۶. منحنی تنش- کرنش فولاد آرماتورهای طولی (تنش بر حسب مگا پاسکال)

Fig. 6. Stress-strain curve of steel longitudinal reinforcements (stress in MPa)

جدول ۴. مشخصات مصالح

Table 4. Specifications of materials

| مدول ارتجاعی (Gpa) | نسبت پوآسون | تنش نهایی (Mpa) | تنش تسلیم (Mpa) | مصالح |
|-----------------------|----------------|--------------------|--------------------|--------|
| 210 | 0.3 | 510 | 345 | فولادی |

با توجه به شکل ۹ مشاهده می شود، همان طور که مشاهده می شود در محل تیر از جایی که سخت کننده قرار داده شده است، تنش در تیر از همه نقاط بیشتر شده و این تنش تا نزدیکی ۲۰۰ سانتیمتر از محل تیر ادامه یافته است و در بال و جان تیر رخ داده است. بیشترین میزان تنش در محل محافظت شده تیر اتفاق افتاده است. همان طور که از روی شکل ها مشاهده می شود در اتصال RBS علاوه بر تنش کماتش و اعوجاج نیز رخ داده است. در اتصال BSEEP نیز در محل انتهایی سخت کننده نیز جمع شدگی رخ داده است. در اتصال پیشنهادی مشاهده می شود که توزیع تنش به نسبت در سطح وسیع تری رخ داده است و همچنین در این مدل اتصال به دلیل اینکه توزیع تنش در سطح وسیع تری رخ داده است باعث شده است تا از کماتش و اعوجاج نیز در مدل جلوگیری شود.

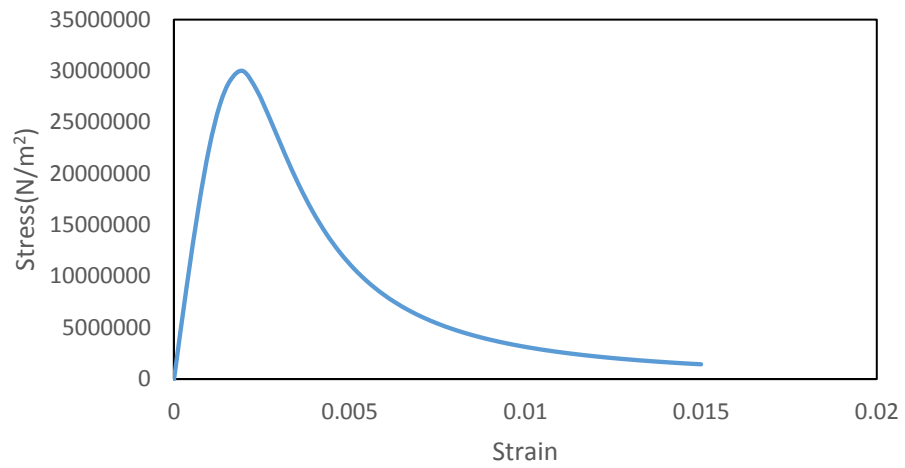
مشخصات مصالح مصرفی در جدول ۴ ارائه شده است. نمودار بتن در کشش و فشار در شکل ۷ و ۸ نمایش داده شده است. در ادامه به بررسی نتایج حاصل از مدل ها پرداخته می شود.

۳- یافته ها

در این بخش نتایج عددی حاصل از مدلسازی مدل های پرداخته می شود. نتایج بدست آمده از مدلسازی در نرم افزار اجزای محدود آباکوس می باشد.

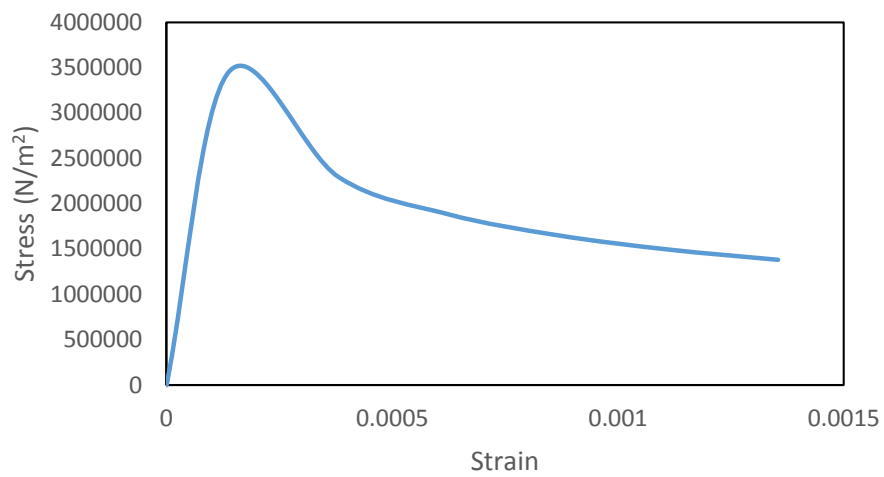
۳-۱- مقایسه تنش ها

در این قسمت تنش های ایجاد شده در مدل ها براساس بار اعمالی نمایش داده می شود. در شکل ۹ تنش مایزر حاصل از نرم افزار نمایش داده شده است.



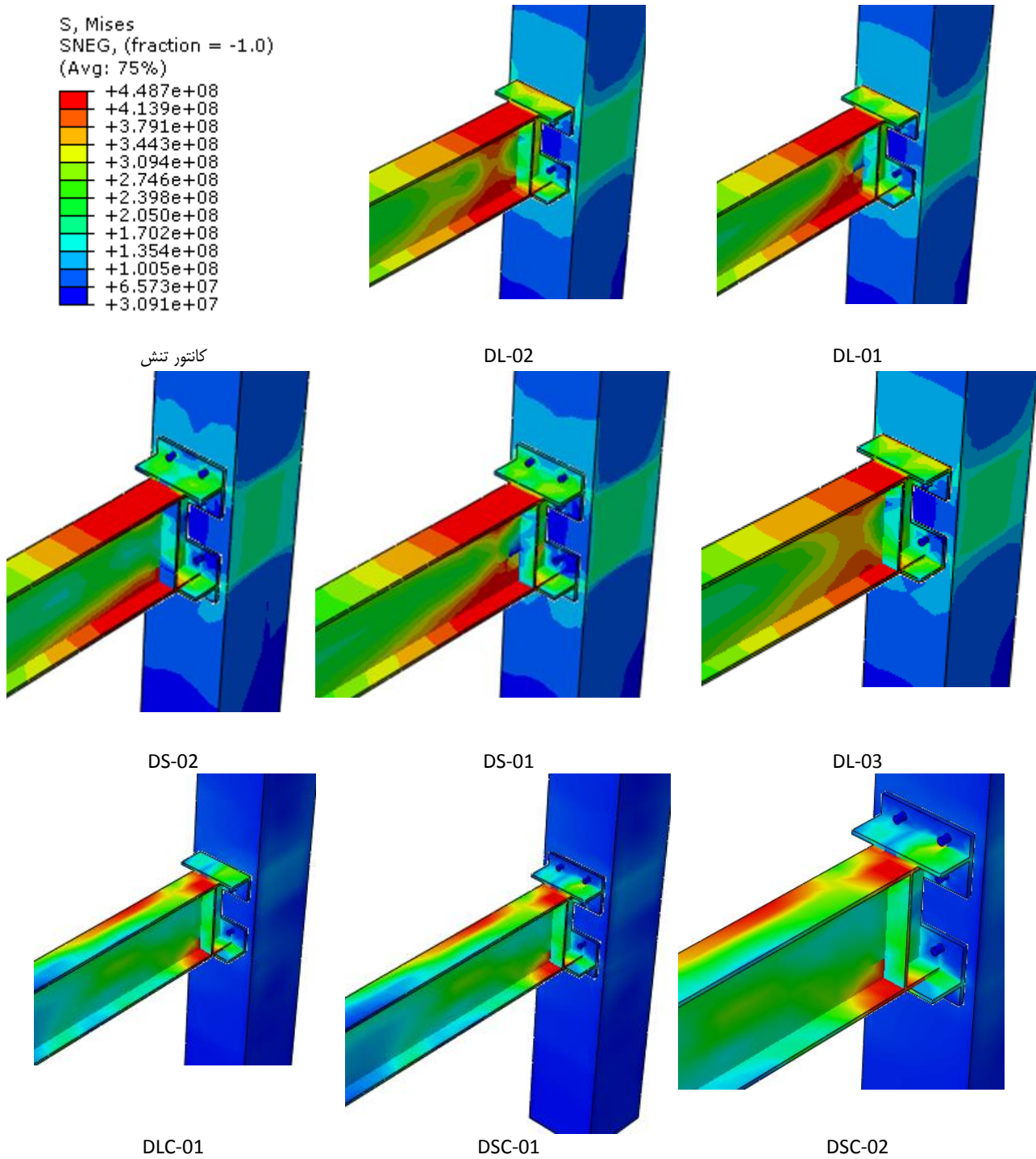
شکل ۷. نمودار بتن در فشار

Fig. 7. Diagram of concrete under pressure



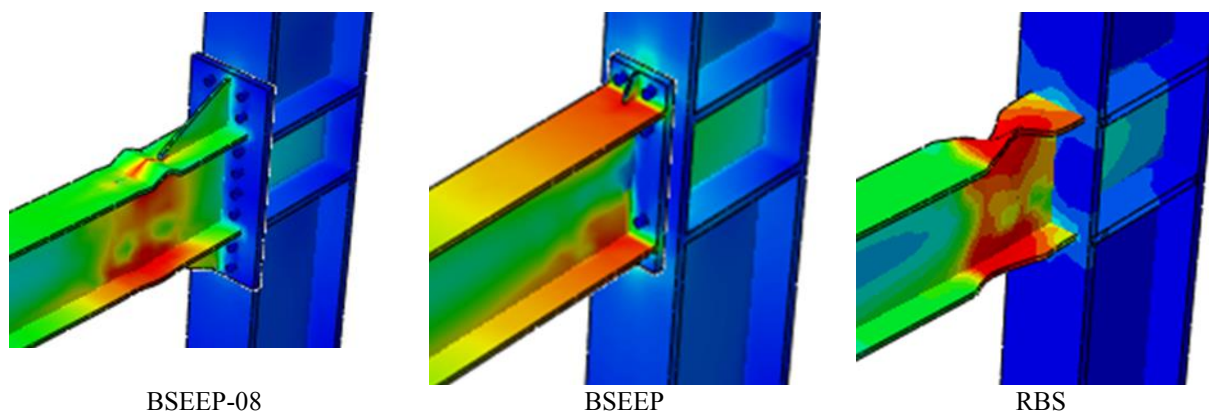
شکل ۸. نمودار بتن در کشش

Fig. 8. Diagram of concrete in tension



شکل ۹. تنش فون مایسسز (واحد تنش نیوتن بر متر مربع) (ادامه دارد)

Fig. 9. Von Mises stress (unit of stress in N/m²)(Continued)



شکل ۹. تنش فون مایسز (واحد تنش نیوتن بر متر مربع)

Fig. 9. Von Mises stress (unit of stress in N/m²)

ظرفیت باربری لنگر بوده است و در قسمت لنگر زوال کمتری مشاهده شده است. سطح زیر منحنی اتصال از پیش تایید شده کوچکتر از اتصال پیشنهادی می باشد، از طرفی لنگر قابل تحمل اتصال پیشنهادی کمتر از اتصال از پیش تایید شده مبحث دهم [۱۹] می باشد. با توجه به شکل مشاهده می شود که شکل پذیری در اتصال پیشنهادی مساوی اتصال مبحث دهم می باشد. در اتصال پیشنهادی افت و زوال مقاومت کمتر بوده است. در حالی که در اتصال مبحث دهم افت و زوال مقاومت اتصال مبحث دهم زیاد بوده است. در نهایت با توجه به اجرای راحت اتصال پیشنهادی نسبت به اتصال مبحث دهم از اینرو می توان گفت که عملکرد اتصال پیشنهادی مناسب و بهتر نسبت به مبحث دهم مقررات ملی می باشد.

۴- جمع بندی

با استفاده از نتایج عددی حاصل از نرم افزار آباکوس نمودار و اعداد مربوط به ماکزیمم لنگر استخراج شده است. در شکل ۱۲ مقایسه‌های بین نمودار لنگر انجام شده است. این مقایسه در چند دسته انجام شده است. در شکل ۱۲ نمودار مقایسه ای لنگر مدل ها نمایش داده شده است. در مقایسه ای که بین مدل با بتن و بدون بتن انجام شده است، مشاهده می شود که مدل با بتن بین ۷ تا ۱۸ درصد ظرفیت بالاتری نسبت به بدون بتن دارد. در شکل ۱۲ تمامی مدل‌های مورد مطالعه در این پاننامه نمایش داده شده است. مقایسه نتایج اتصال BSEEP که دو نوع ستون BOX و I

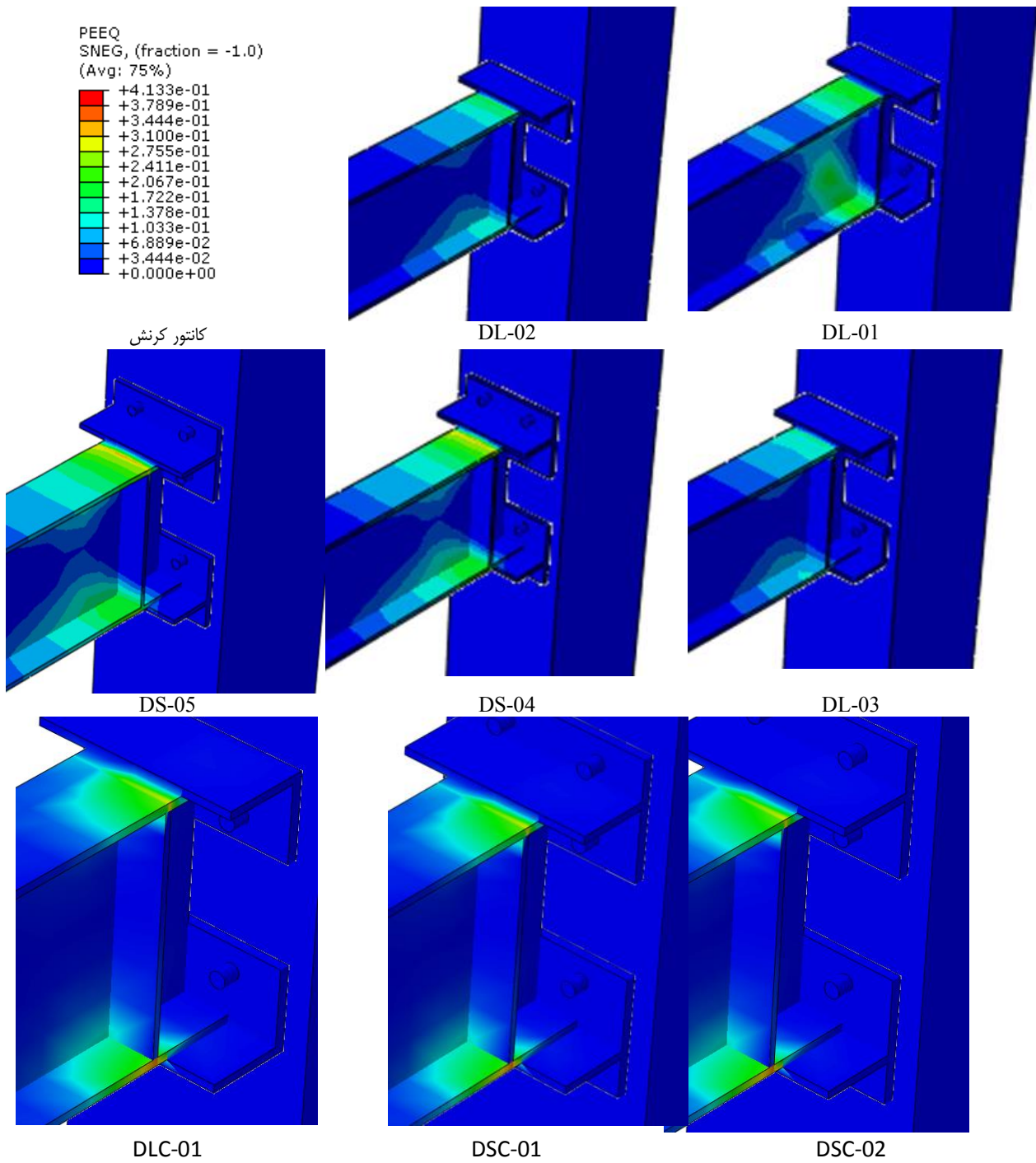
۳-۲- مقایسه کرنش ها

در این قسمت کرنش های پلاستیک معادل ایجاد شده در مدل ها براساس بار اعمالی نمایش داده می شود. همان‌طور که از روی شکل ۱۰ مشاهده می‌شود کرنش پلاستیک در محل‌هایی که توزیع تنش بیشتر بوده است، مشاهده شده است، بال و جان تیر نیز دچار کرنش پلاستیک شده‌اند.

۳-۳- نمودارهای هیستریزس

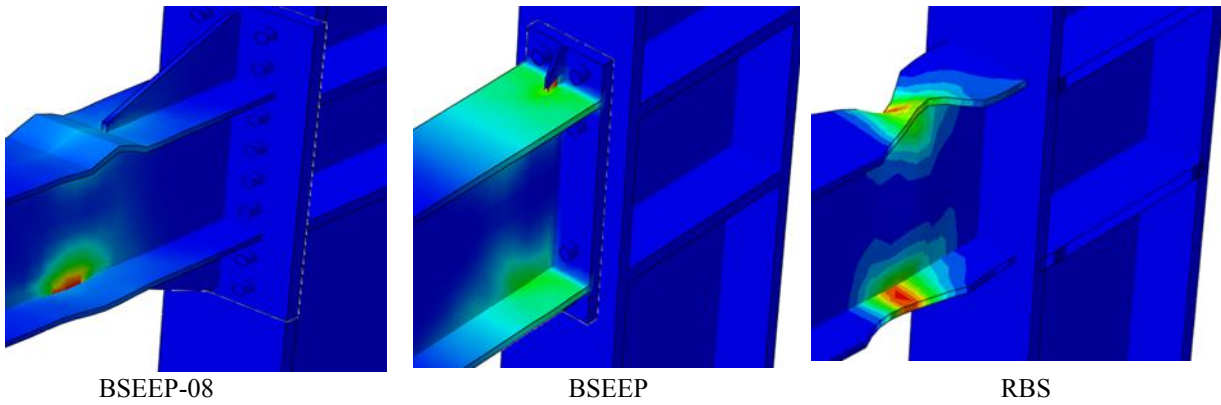
در این قسمت نمودار هیستریزس ایجاد شده در مدل ها براساس بار اعمالی نمایش داده می شود. در نمودارهای هیستریزس جهت مقایسه مناسب روی نمودار دو خط در بالا و پایین که نشان دهنده ۸۰ درصد ظرفیت خمشی اتصال است با نام 0.8MP نمایش داده شده است. جهت رسم سطوح عملکرد منطبق با نشریه ۳۶۰ دوران مجاز اتصال محاسبه و براساس پارامترهای اعلام شده در این نشریه سطوح مختلف از روی دوران تسلیم محاسبه شده است [۱۸].

در شکل ۱۱ نمودار هیستریزس مدل ها نمایش داده شده است. لنگر اعمال شده بر روی هر مدل با هم مقایسه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در مدل DS03 نمودار لنگر بیشتری تحمل نموده است و این امر منجر به افزایش جذب انرژی و سطح زیر منحنی شده است. از طرفی در این مدل نمودار روند افزایشی داشته است. در مدل DS03 نمودار دارای افزایش



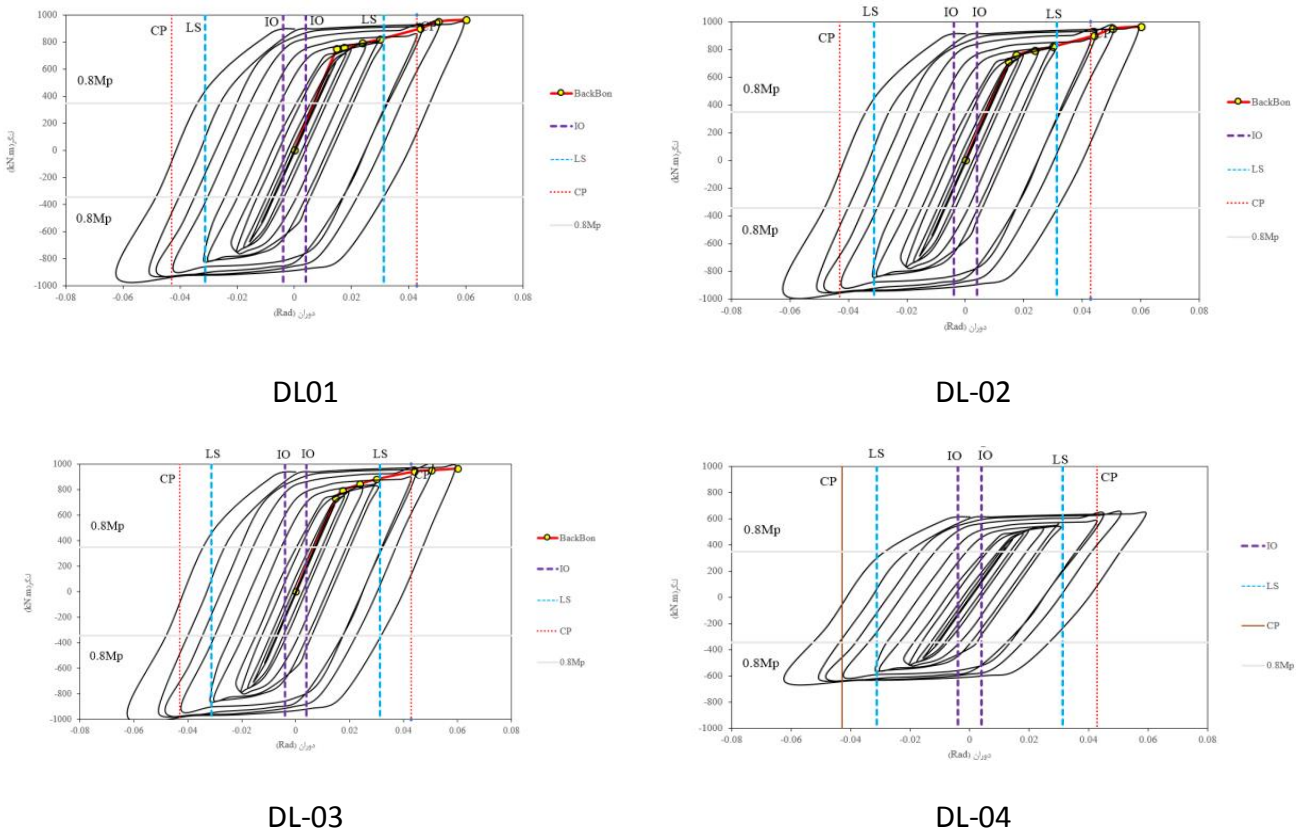
شکل ۱۰. کرنش پلاستیک معادل (ادامه دارد)

Fig. 10. Equivalent plastic strain(Continued)



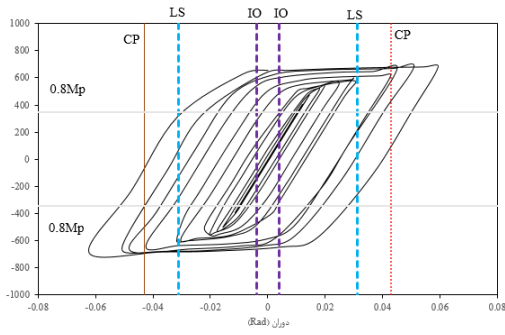
شکل ۱۰. کرنش پلاستیک معادل

Fig. 10. Equivalent plastic strain

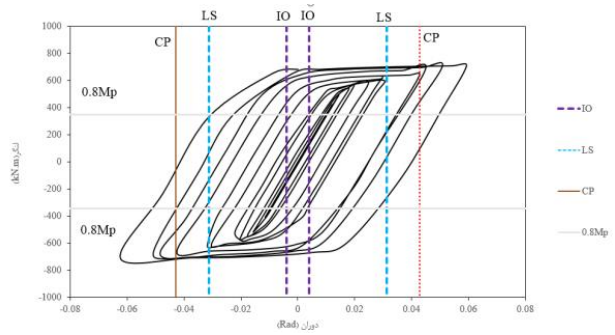


شکل ۱۱. نمودار هیستریزس مدل ها (ادامه دارد)

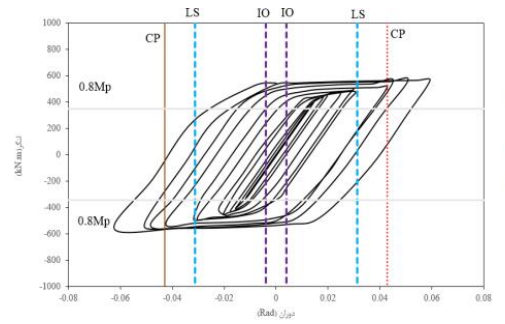
Fig. 11. hysteresis diagram of models(Continued)



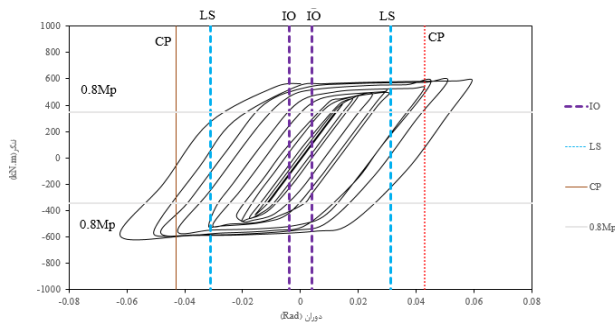
DL-05



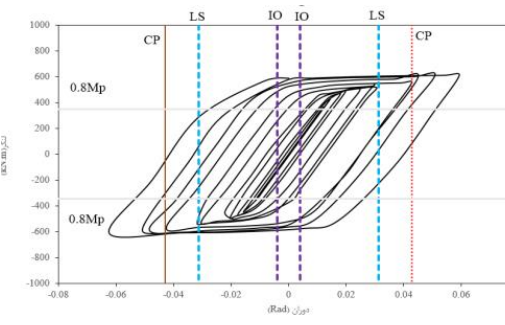
DL-06



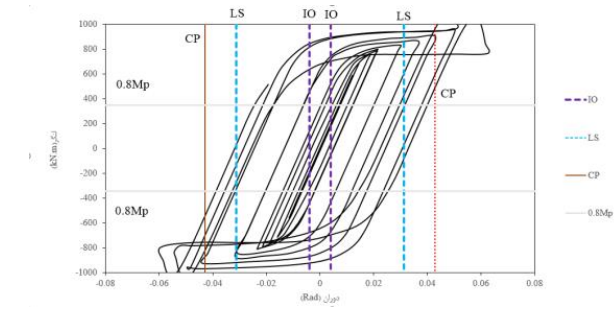
DL-07



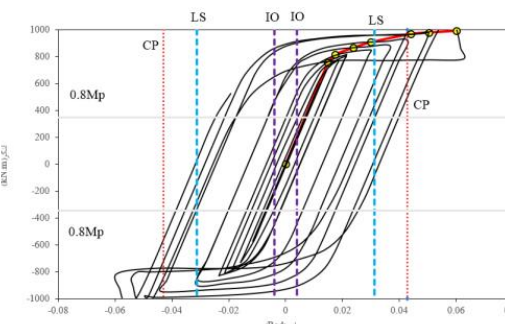
DL-08



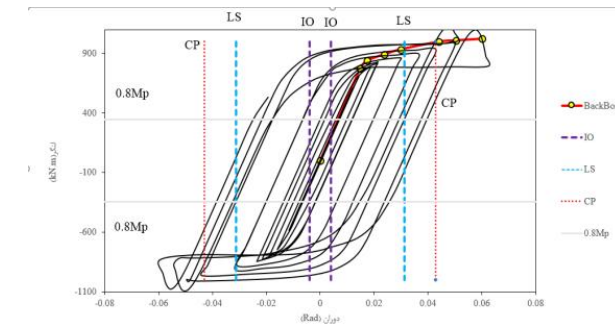
DL-09



DS-01



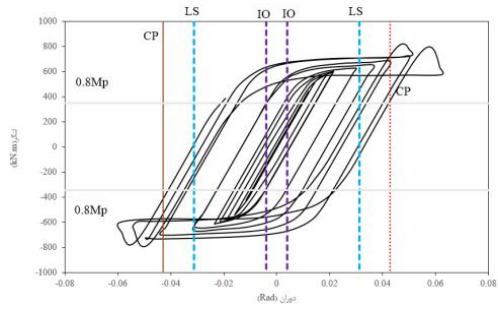
DS-02



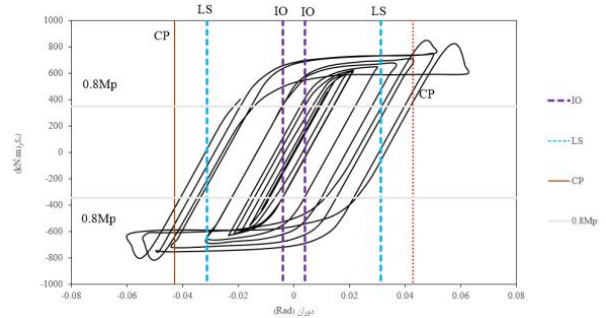
DS-03

شکل ۱۱. نمودار هیستریزیس مدل ها (ادامه دارد)

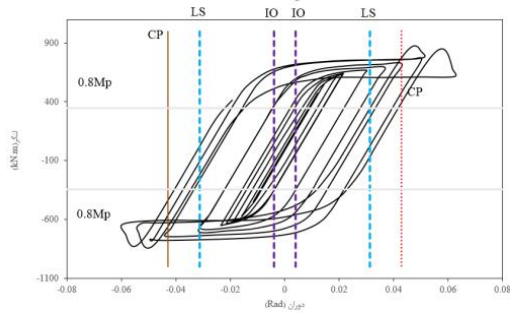
Fig. 11. hysteresis diagram of models(Continued)



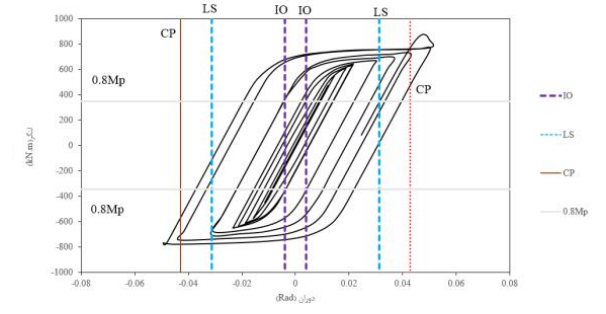
DS-04



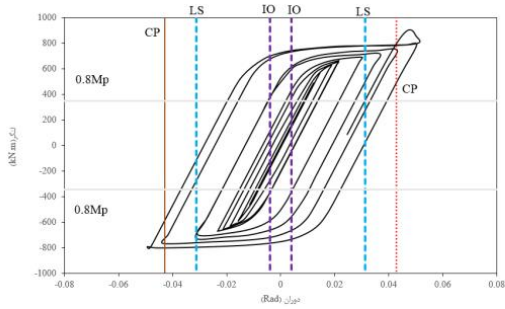
DS-05



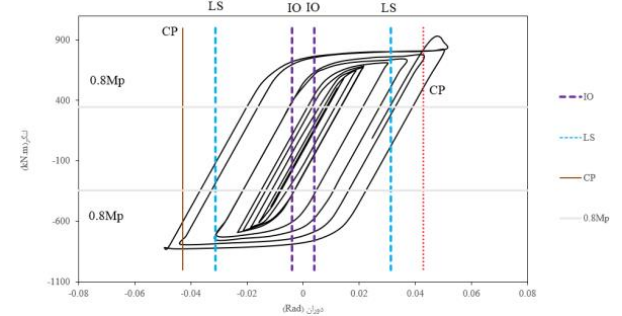
DS-06



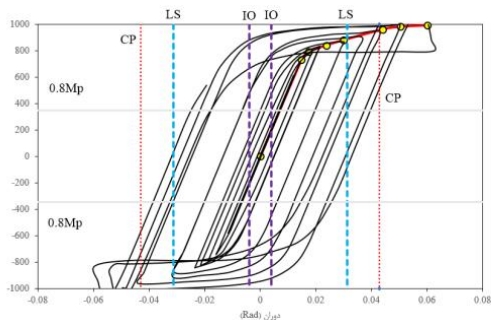
DS-07



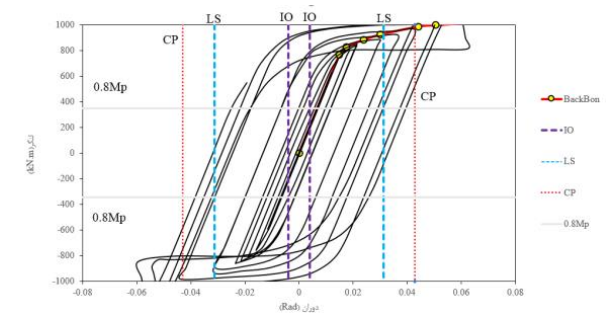
DS-08



DS-09



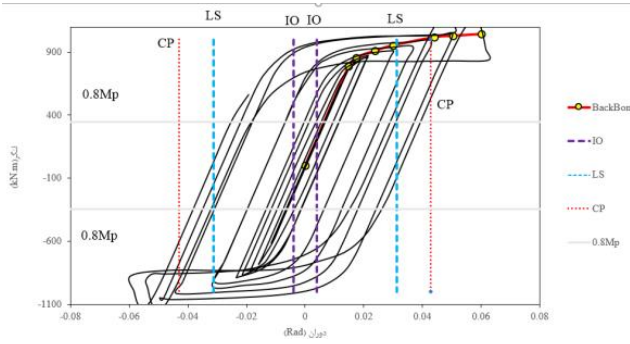
DCS-01



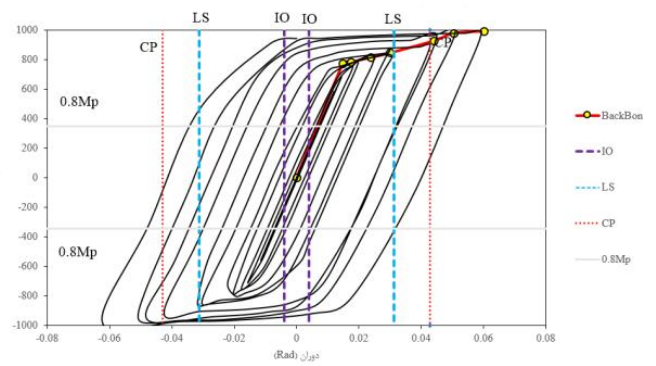
DCS-02

شکل ۱۱. نمودار هیستریزس مدل‌ها (ادامه دارد)

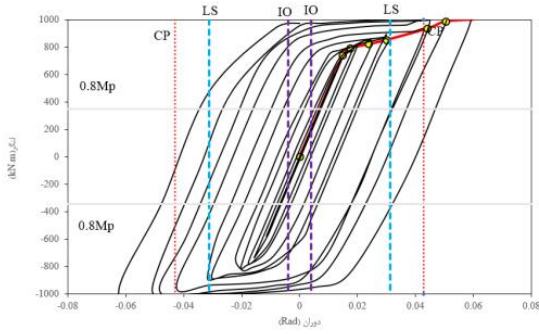
Fig. 11. hysteresis diagram of models(Continued)



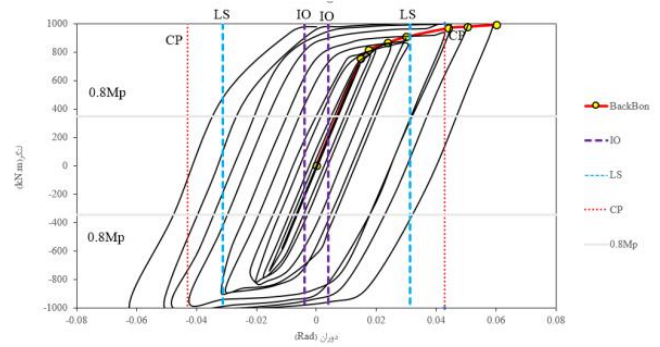
DCS-03



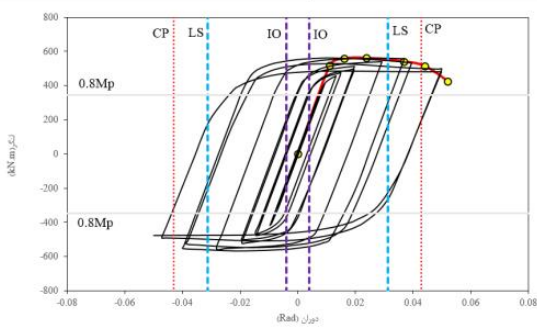
DCL-01



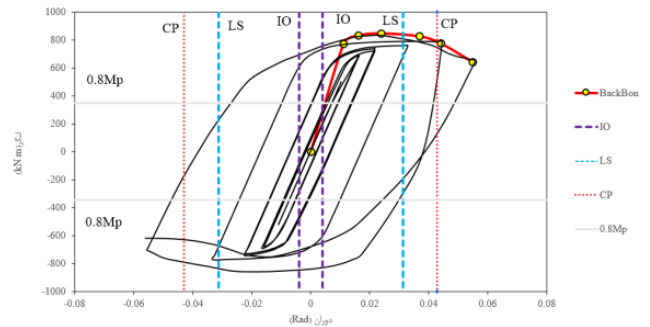
DCL-02



DCL-03



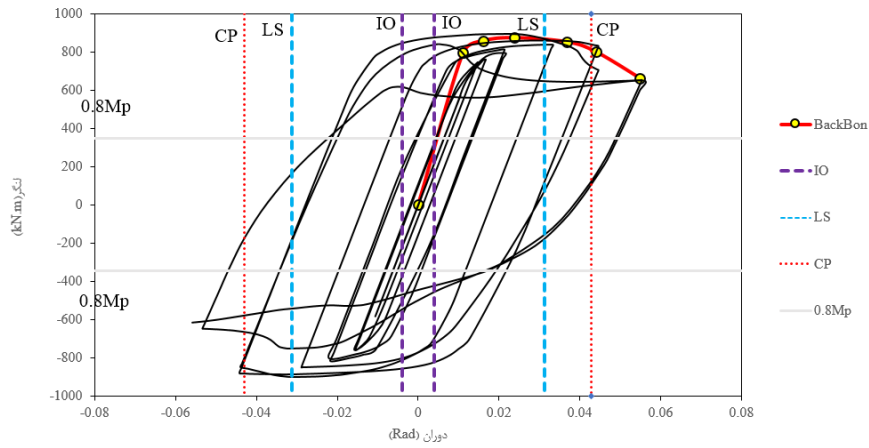
RBS



BSEEP

شکل ۱۱. نمودار هیستریزیس مدل ها (ادامه دارد)

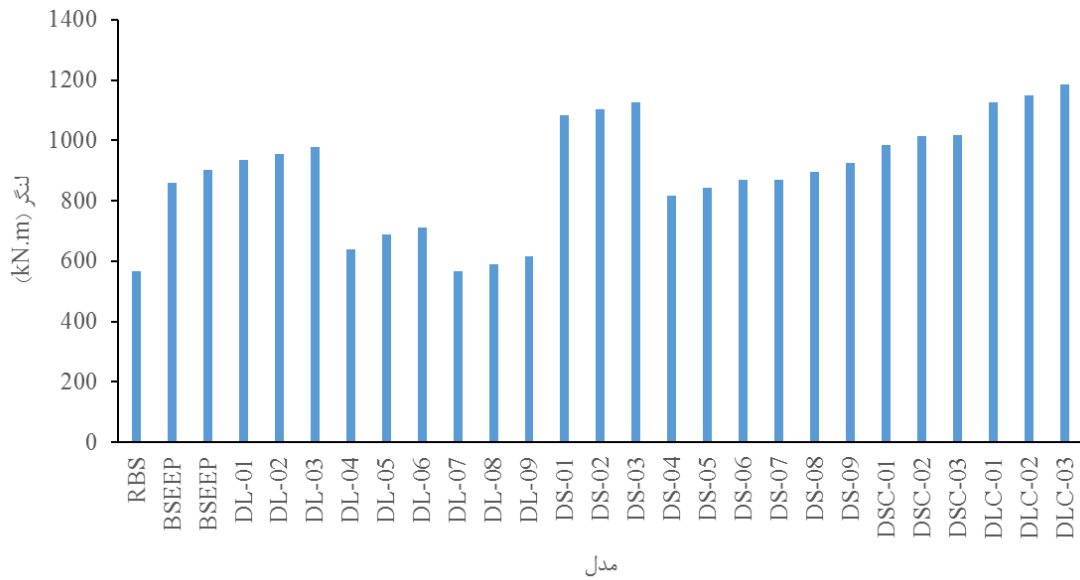
Fig. 11. hysteresis diagram of models (Continued)



BSEEP

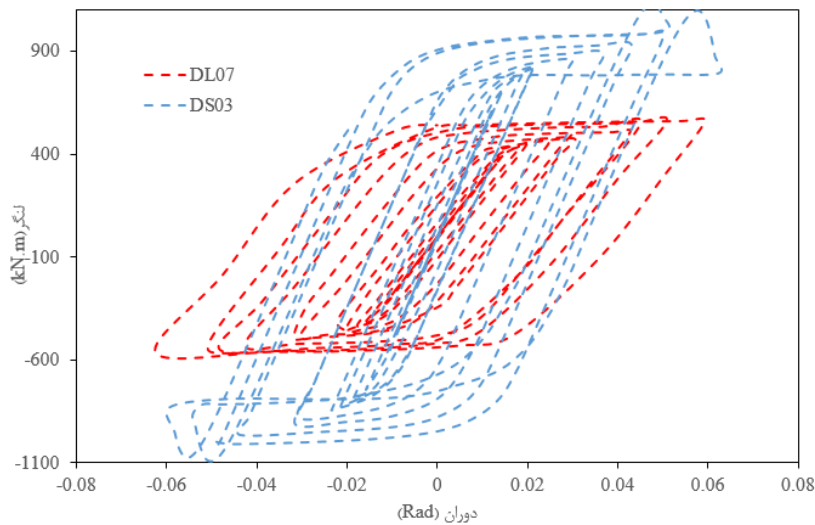
شکل ۱۱. نمودار هیستریزیس مدل ها

Fig. 11. hysteresis diagram of models



شکل ۱۲. نمودار مقایسه لنگر

Fig. 12. Bending moment comparison chart



شکل ۱۳. مقایسه بین بهترین مدل با بدترین مدل مورد مطالعه سپری و نبشی

Fig. 13. Comparison between the best model and the worst model of the studied shield and corner

است. در حالی که در اتصال مبحث دهم افت و زوال مقاومت اتصال مبحث دهم زیاد بوده است. در نهایت با توجه به اجرای راحت اتصال پیشنهادی نسبت به اتصال مبحث دهم از اینرو می توان گفت که عملکرد اتصال پیشنهادی مناسب و بهتر نسبت به مبحث دهم مقررات ملی می باشد.

۵- نتیجه گیری

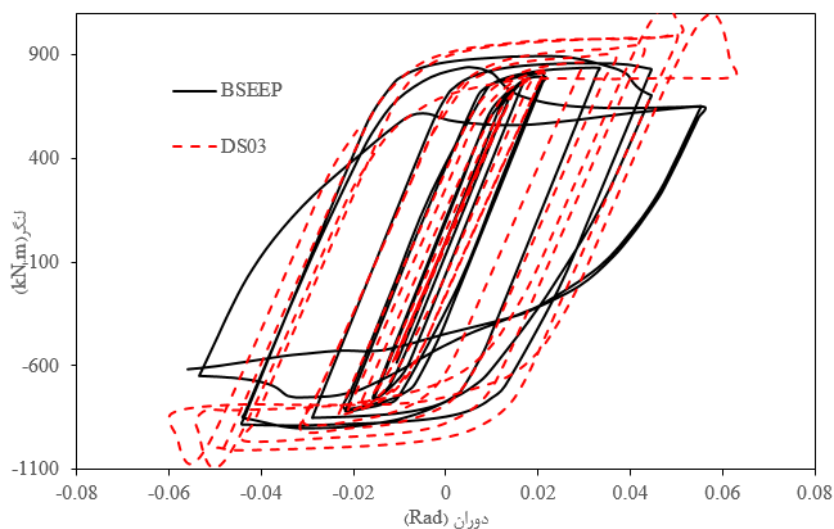
- در کلیه اتصالات مورد مطالعه تنش در ناحیه حفاظت شده تیر و در طول این فاصله از بقیه نقاط بیشتر می باشد. در اتصال از پیش تایید شده RBS علاوه بر تنش در تیر کمانش و اعوجاج نیز رخ داده است. در اتصال BSEEP نیز در محل انتهای سخت کننده نیز جمع شدگی رخ داده است. یکی از ویژگی های اتصال پیشنهادی این می باشد که سختی موضعی در یک ناحیه مانند اتصال BSEEP در یک ناحیه زیاد نمی باشد، از اینرو این سختی موضعی موجب ایجاد کمانش در مدل شده است، در اتصال پیشنهادی به دلیل یکنواخت تر بودن سختی این موضوع مشاهده نشده است. علاوه بر این در اتصال RBS نیز به دلیل کاهش سختی باز هم کمانش در اتصال

شکل قرار داده شده است، مشاهده می شود که ستون BOX شکل نزدیک ۱۰ درصد ظرفیت باری بالاتری دارد. در شکل ۱۳ مدل با بهترین نتیجه با مدل با بدترین نتیجه مقایسه شده است.

همانطور که مشاهده می شود، در مدل DS03 نمودار لنگر بیشتری تحمل نموده است و این امر منجر به افزایش جذب انرژی و سطح زیر منحنی شده است. از طرفی در این مدل نمودار روند افزایشی داشته است. در مدل DS03 نمودار دارای افزایش ظرفیت باربری لنگر بوده است و در قسمت لنگر زوال کمتری مشاهده شده است.

در شکل ۱۴ مدل اتصال از پیش تایید شده مبحث دهم نیز با بهترین مدل یعنی DS-03 مقایسه شده است.

همانطور که از روی شکل مشاهده می شود، سطح زیر منحنی اتصال از پیش تایید شده کوچکتر از اتصال پیشنهادی می باشد، از طرفی لنگر قابل تحمل اتصال پیشنهادی کمتر از اتصال مبحث دهم می باشد. با توجه به شکل مشاهده می شود که شکل پذیری در اتصال پیشنهادی مساوی اتصال مبحث دهم می باشد. در اتصال پیشنهادی افت و زوال مقاومت کمتر بوده



شکل ۱۴. مقایسه مدل مبحث دهم و بهترین مدل اتصال پیشنهادی (اتصال سپری)

Fig. 14. Comparison of the model of the 10th topic and the best proposed connection model (shield connection)

- خرابی و مفصلی در ستون مشاهده نشده است.
- با بررسی رفتار نمودارهای هیستریزیس مشاهده می شود که در اتصالات با سپری دارای سطح زیر منحنی بزرگتری بوده است.
- در این مطالعه به علت اینکه اتصال تیر به ستون دارای سختی زیاد بوده است، مفصل در تیر تشکیل شده است، که این مفصل در بال و بخشی از جان تیر تشکیل شده است.
- نتایج حاصل از نمونه ستون پر شده با بتن مشاهده می شود که ظرفیت باربری آن نسبت به بدون بتن ۱۵ تا ۲۵ درصد افزایش داشته است.
- با مشاهده تنش در نمونه ستون پر شده با بتن مشاهده می شود که میزان تنش ایجاد شده در ستون نسبت به نمونه بدون بتن کمتر بوده است که می توان علت آن را استفاده از ظرفیت فشاری بتن دانست که موجب شده است تا توزیع تنش در ستون میان دو مصالح بتنی و فولادی توزیع شود و از مقدار آن روی سطح کاسته شود.

رخ داده است. از اینرو یکی از ضعف های اتصالات کاهش سختی و یا افزایش سختی موضعی در یک ناحیه از اتصال می باشد.

- در اتصال پیشنهادی با سپری و نبشی مشاهده می شود که توزیع تنش به نسبت اتصالات از پیش تایید شده مبحث دهم مقررات ملی ساختمان در سطح وسیع تری از ناحیه تیر رخ داده است و همچنین در این مدل اتصال به دلیل اینکه توزیع تنش در سطح وسیع تری رخ داده است باعث شده است تا از کمانش و اعوجاج نیز در مدل جلوگیری شود.
- مدل با سخت کننده سپری دارای ظرفیت بالاتری بوده است و نسبت به سخت کننده نبشی از ۱۲ تا ۲۸ درصد ظرفیت خمشی بالاتری در اتصال داشته است.
- با افزایش ضخامت نبشی و یا سپری اتصال تیر به ستون تا حدود ۱۲ تا ۲۵ درصد ظرفیت افزایش داشته است، در ضخامت ۱۸ میلیمتر به مقدار افزایش ظرفیت لنگر به میزان ۱۲ درصد افزایش و در ضخامت ۲۰ میلیمتر به میزان ۲۵ درصد افزایش مشاهده شده است.

- 2014, the second national conference of structural engineering of Iran.
- [10] Natiq Elahi, Fariborz. and Tabatabaei, Zahra, "Introduction of beam-to-steel can column bending connections using side plates", Sharif Civil Engineering Journal, Vol. 2-26, No. 1, pp. 13-20.
- [11] Maikol Del Carpio, R., Mosqueda, G., & Lignos, D. G., Experimental investigation of steel building gravity framing systems under strong earthquake shaking. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 116, (2019) 230-241.
- [12] Yasoja K. R. Gunawardena, Farhad Aslani, Brian Uy, Won-Hee Kang, Stephen Hicks, Review of strength behaviour of circular concrete filled steel tubes under monotonic pure bending, *Journal of Constructional Steel Research*, Volume 158, July (2019) 460-474.
- [13] N. Fanaei, H. Sadeghi moghadam, Experimental Study Of rigid Connection of Drilled Beam to CTF column with external stiffeners, *journal of constructional steel Reasearch* (2019) 153209-221.
- [14] Parvari, A., Zahrai, S. M., Mirhosseini, S. M., & Zeighami, E., Numerical and experimental study on the behavior of drilled flange steel beam to CFT column connections. In *Structures*, (28) (2020) 726-740.
- [15] Wang, B., Zhu, S., Qiu, C. X., & Jin, H. High-performance self-centering steel columns with shape memory alloy bolts: Design procedure and experimental evaluation. *Engineering Structures*, 182, (2019) 446-458.
- [16] Xu, Li, et al. "Mechanical behavior of flat CFST column to steel beam joints under reversed cyclic loading." *Engineering Structures* 198 (2019): 109540.
- [17] AISC/ANSI341-10. (2010). *Seismic Provisions for structural steel buildings*. In. Chicago.
- [18] Publication 360 (seismic rehabilitation guidelines), strengthening structures against earthquakes and reducing damage caused by earthquakes, Program and Budget Organization, 2013.
- [19] Topic 10 of National Regulations, Design and Implementation of Steel Building, Iran Development Publication, 2013.
- [1] Shirasb S., Investigation of seismic behavior of steel beam connection to CFT column by end plate and the tendency of restraint passing through the column, Imam Khomeini International University - Qazvin - Faculty of Engineering, (2014). [In Persian]
- [2] Wang, P., Wang, Z., Pan, J., Zheng, Y., & Liu, D., Cyclic Behavior of Steel Beam to CFT Column Connections with Gusset Plates. *Advances in Civil Engineering*, (2019).
- [3] Ahmadi, M. M., & Mirghaderi, S. R., Experimental studies on through-plate moment connection for beam to HSS/CFT column. *Journal of Constructional Steel Research*, 161, (2019) 154-170.
- [4] Atmaji, A. D., Suswanto, B., & Wahyuni, E. Connection Model Of Concrete Filled Steel Tube (Cft) Column To Steel Beam Under Cyclic. *Journal of Civil Engineering*, 34(1), (2019) 9-17.
- [5] Hejazi, F., & Chun, T. K., *Steel Structures Design Based on Eurocode 3*. Springer Singapore, (2018).
- [6] Jamshidi, & Qasimpour., Numerical investigation of ring-shaped steel shear wall using can-shaped columns filled with concrete as vertical boundary element. *Journal of civil and environmental engineering of Tabriz University*, (2020).
- [7] Mahdavi, Navid, Ghale Navi, & Mansour., April). Laboratory investigation of steel columns filled with concrete with a regular hexagonal section under compressive axial load with departure from the initial center. In the 11th National Congress of Civil Engineering, (2019).
- [8] Hijazi, Mehrdad, Salehi, Shahram, Zare, Mohammadreza. Parametric investigation of the performance of welded connection plates in convergent braced steel frame under cyclic loading. *Amirkabir Civil Engineering Journal*, (2017).
- [9] Hijazi Talab Hamid; Rahimi Bandarabadi; Hossein Ali; Analytical study of steel columns filled with concrete (CFST) under the effect of axial and lateral loading,

چگونه به این مقاله ارجاع دهیم

A. Parvari, M. Vajdian, S. Naseri, *Seismic evaluation of the proposed connection with corner and shield and comparison with pre-approved connections*, *Amirkabir J. Civil Eng.*, 55(12) (2024) 2405-2428.

DOI: [10.22060/ceej.2023.20988.7591](https://doi.org/10.22060/ceej.2023.20988.7591)



