



بررسی شکل پذیری اتصالات خمشی ستون - درختی دارای تیر کوتاه غیر منشوری و ستون با مقطع H شکل

* علیرضا فیوض^۱، مریم کشاورزی^۲، محمد واقفی^۳

چکیده

بعد از زلزله نورث ریچ ۱۹۹۴ که سبب آسیب‌های جدی در اتصالات خمشی گردید، اتصالات جدیدی برای برطرف نمودن مشکلات اتصالات خمشی رایج آن زمان مطرح شد. یکی از اتصالات طرح شده، اتصال ستون - درختی می باشد. در یک اتصال ستون - درختی تیرهای کوتاه در کارخانه به ستون جوش می شوند. از آن جایی که جوشکاری این نوع اتصالات در کارخانه و تحت نظارت کافی و شرایط مطلوب انجام می شود، دستیابی به جوش با کیفیت بالا در این نوع اتصالات نسبت به اتصال جوش در کارگاه ممکن خواهد بود. در این مقاله نوع جدیدی از اتصال ستون - درختی معرفی شده و رفتار لرزه ای آن مورد مطالعه قرار گرفته است. ایده پیشنهاد شده، استفاده از تیر کوتاه غیر منشوری می باشد. مدل اجزا محدود سه تیپ مختلف اتصال با طول ماهیچه ۸۰۰، ۱۰۰۰، ۱۲۰۰ میلی متر ارائه گردیده و تحت بارگذاری یکنوا و چرخه ای قرار گرفته اند. نتایج نشان می دهد که این نوع اتصالات با انتقال مفصل پلاستیک به دور از وجه ستون، به علت تاثیر تیر کوتاه غیر منشوری، رفتار شکل پذیری از خود نشان می دهند و هر سه مدل نیازمندی های آیین نامه AISC را در مورد قاب های خمشی ویژه تامین می کنند.

کلمات کلیدی

ستون - درختی، تیر کوتاه غیر منشوری، رفتار لرزه ای، مفصل پلاستیک.

* ۱. استادیار و عضو هیأت علمی دانشگاه خلیج فارس بوشهر، fiouz@ pgu.ac.ir

۲. کارشناس ارشد مهندسی سازه دانشگاه آزاد اسلامی واحد بوشهر، mykeshavarzi@ gmail.com

۳. استادیار و عضو هیأت علمی دانشگاه خلیج فارس بوشهر، vaghefi@ pgu.ac.ir



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

استحکام در

سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر

صنعت سازه

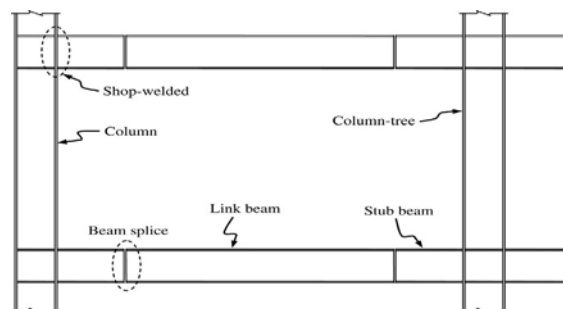
اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



۱ - مقدمه

یکی از سیستم‌های مقاوم در برابر زلزله، قاب‌های خمشی می‌باشند. قاب‌های خمشی کاربرد وسیعی در نقاط زلزله خیز داشته و توانایی بالایی را در استهلاک انرژی دارند. در طراحی لرزه ای این قاب‌ها، هدف تشکیل مفصل پلاستیک در تیر و جلوگیری از وقوع آن در ستون به علت حفظ پایداری جانبی سازه می‌باشد. قاب‌های خمشی باید توانایی بالایی را در انتقال لنگر و برش بین تیر و ستون داشته باشند، لذا اتصال جان پیچی - بال جوشی به عنوان اتصالی که عملکرد آن تحت بار لرزه ای مناسب است پیشنهاد گردید. در این اتصال به منظور اتصال بال تیر به بال ستون از یک جوش شیاری با نفوذ کامل در کارگاه استفاده شده است. پس از وقوع زلزله نورث ریج، مشخص گردید که عملکرد این اتصال ضعیف بوده و اتصالات تیر به ستون بسیاری از این سازه‌ها دچار گسیختگی ترد شدند [۲،۱]. یک سری تحقیقات به منظور دریافتن علل صدمات وارده و ایجاد راه حل‌هایی برای اصلاح و ترمیم اتصالات خمشی انجام گرفت. عوامل بسیاری به عنوان دلایل ممکن برای آسیب دیدگی اتصالات جوشی درون کارگاهی شناخته شد که می‌توان از آن، به شکل اتصال جوشی درون کارگاهی، تمرکز تنش به علت سوراخ‌های دسترسی، ترک خوردگی اولیه به دلیل تسمه‌های پشت بند در بال پایینی تیر، خصوصیات فولاد تولید شده، کنترل کیفی و بازرسی جوش درون کارگاهی اشاره نمود.

یک نوع از اتصالات تیر به ستون پیشنهادی پس از زلزله نورث ریج، اتصال ستون - درختی می‌باشد. در یک سیستم ستون - درختی تیرهای کوتاه، که معمولاً ۶۰ الی ۱۲۰ سانتی متر طول دارند در کارخانه به ستون‌ها جوش می‌شوند. سپس بعد از این که ستون‌های درختی در کارگاه نصب شدند، تکه میانی تیر را به دو انتهای تکه تیرهای کوتاه وصله می‌کنند. بر خلاف حالت اتصالی که تا قبل از زلزله نورث ریج بکار گرفته می‌شد، جوشکاری اتصال تیر به ستون، در کارخانه انجام می‌شود. جوشکاری کارخانه ای تیرهای کوتاه به ستون کیفیتی بالاتر و جوشی اقتصادی تر را فراهم کرده و می‌توان در کارخانه کنترل کیفی بهتری را روی آن انجام داد. همچنین داشتن مزیت ساخت در کارخانه این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان به منظور جلوگیری از گسیختگی احتمالی بال تیر به علت وجود سوراخ‌های دسترسی، اتصال ستون - درختی را بدون سوراخ‌های دسترسی طراحی نمود. شکل ۱ سیستم خمشی ستون - درختی را نمایش می‌دهد.



شکل ۱: سیستم خمشی ستون - درختی

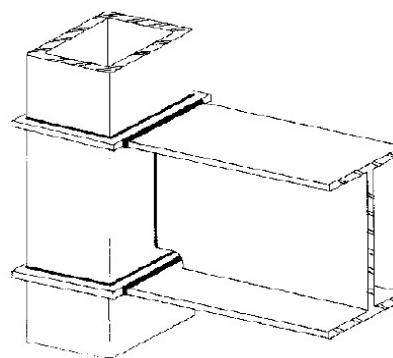
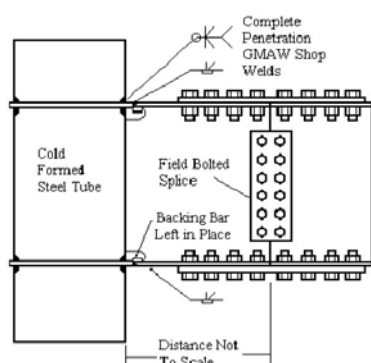
در ضمن اتصال وصله‌های ستون - درختی به تیر اصلی در کارگاه می‌تواند به صورت پیچی و یا جوشی باشد. استفاده از اتصالات وصله ای پیچی درون کارگاهی باعث افزایش سرعت نصب و همچنین کاهش هزینه‌های نصب در کارگاه می‌شود.



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



با این وجود استفاده از اتصالات وصله ای جوشی باعث حذف لغزش های مربوط به اتصالات وصله ای پیچی می شود. تاریخچه استفاده از اتصال ستون - درختی به کشور ژاپن بر می گردد. در ژاپن بسیاری از قاب های خمشی فولادی مطابق شکل ۲ با استفاده از ستون های قوطی و تیر های بال پهن ساخته می شد. در اتصالات این نوع قاب ها، یک ستون با مقطع قوطی شکل به سه قسمت تقسیم شده و دو ورق دیافراگم که اندکی بزرگتر از مقطع ستون بودند، در بین ستون قرار می گرفت. در کارخانه دور تا دور ورق ها را بوسیله جوش نفوذی کامل، جوشکاری می کردند و یک بخش کوچک از تیر به عنوان تیر کوتاه با استفاده از جوش نفوذی کامل، به دیافراگم و جان تیر نیز با جوش گوشه یا نفوذی به ستون جوش می شد. سپس در کارگاه، تیر اصلی به تیر کوتاه متصل می گردید. هر چند که اعتقاد بر آن بود که اتصال جوشی کارخانه ای، کیفیت بهتری نسبت به اتصال جوشی کارگاهی خواهد داشت، با این وجود تعدادی از اتصالات ستون - درختی، در حین زلزله سال ۱۹۹۵ شهر کوبه آسیب دیدند و در اتصالات جوشی کارخانه ای مذکور گسیختگی ترد مشاهده گردید [۳]. به منظور دستیابی به عملکرد مطلوب ساختمان دارای سیستم ستون - درختی، انواع گوناگونی از اتصالات ستون - درختی پیشنهاد گردید. در Astaneh-Asl گزارشی درباره رفتار و طراحی لرزه ای قاب های خمشی ویژه با سیستم ستون درختی صلب ارائه نمود [۴]. در یک سیستم ستون درختی صلب اتصالات وصله ای پیچی تیر طوری طراحی می شوند که مقاوم تر از تیرهای اتصال باشند در نتیجه وصله پیچی نقش اصلی را در عملکرد لرزه ای قاب ایفا نمی کند. بنابراین به منظور بکارگیری وصله پیچی جهت کنترل و بهبود عملکرد لرزه ای، قاب های خمشی نیمه صلب با سیستم ستون - درختی توسط Astaneh-Asl و McMullin پیشنهاد شد [۵]. Chen و همکاران نیز مطالعه تحلیلی و آزمایشگاهی در مورد رفتار چرخه ای اتصالات ستون - درختی با بال عریض شده را ارائه نمودند [۶]. همچنین تا کنون مطالعات متعددی درباره وصله اتصالات ستون درختی صورت گرفته است.



شکل ۲: نمونه ای از اتصال ستون - درختی بکار رفته در ژاپن

در این مقاله، به مطالعه بر روی رفتار لرزه ای یک نوع جدید از اتصال ستون - درختی، تحت عنوان اتصال ستون - درختی با تیر کوتاه غیر منشوری خواهیم پرداخت. تیر کوتاه غیر منشوری یک تیر با عمق مقطع متغیر بوده که عمق آن در طول عضو به طور منحنی تغییر می کند. با توجه به این که محل اتصال تیر به ستون در قاب های خمشی، هنگامی که تحت اثر نیروی زلزله قرار می گیرند، بیشترین لنگر خمشی را دارا می باشد، تیر کوتاه غیر منشوری تمایل دارد محل اتصال تیر به ستون را



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



تقویت کند و مفصل پلاستیک را به دور از وجه ستون انتقال دهد. در اتصال خمشی ستون - درختی پیشنهاد شده، اتصال تیر کوتاه به تیر اصلی (پیوند) و ستون، از طریق جوش نفوذی کامل صورت گرفته است.

۲- معرفی مدل های پیشنهاد شده

در این مقاله، مدل اجزا محدود سه نوع مختلف از اتصالات خمشی ستون - درختی دارای تیر کوتاه غیرمنشوری با طول ماهیچه ۸۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۲۰۰ میلی متر و ستون با مقطع H ارائه گردیده که به ترتیب با مشخصه های CT-H-800، CT-H-1000 و CT-H-1200 معرفی شده است. مدلسازی اجزا محدود توسط نرم افزار ABAQUS [۷] انجام شده است. این نرم افزار قادر است خواص غیر خطی هندسی و مصالح را بخوبی در تحلیل منظور کند.

۳- هندسه مدل و مدلسازی:

جهت ایجاد مدل های هندسی، یک زیرسازه از قاب خمشی که شامل گره اتصال، یک نصفه دهانه تیر و دو نصفه دهانه ستون می باشد استخراج می شود. در زیرسازه های مذکور تیر و ستون به ترتیب از پروفیل های H 588*300*12*20 به طول ۳۰۳۰ میلی متر H 550*550*40*45 به طول ۳۰۰۰ میلی متر انتخاب گردید. در هر سه مدل در محل اتصال تیر کوتاه به تیر اصلی از سخت کننده استفاده شده است. همچنین مشخصات تیر کوتاه غیرمنشوری به شرح جدول ۱ می باشد:

جدول ۱: مشخصات تیر کوتاه

ضخامت ماهیچه (mm)			عمق مقطع در محل اتصال (mm)	
بال تحتانی	جان	بال فوقانی	به بال ستون	به تیر اصلی
۲۵	۱۶	۲۰	۵۳۸	۵۸۸

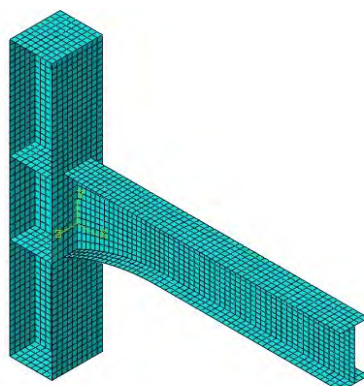
مطابق شکل ۳ به منظور مدلسازی در نرم افزار از المان های Shell چهار ضلعی هشت گره ای (نوع المان S8R در ABAQUS)، استفاده گردیده است. که هر گره دارای شش درجه آزادی می باشد. همچنین تحلیل از نوع استاتیکی غیر خطی هندسی و مصالح می باشد. جنس فولاد مصالح ASTM A572 Gr.50 با ضریب پواسون ۰/۳ می باشد. جهت تعیین رفتار فولاد در مدلسازی، مدل دو خطی با سخت شوندگی جنبشی شده است. برای مدلسازی قسمت اول نمودار از مدول الاستیسیته ۲۰۰GPa استفاده شده است و نرخ سخت شوندگی مجدد ۰/۴٪ مدول الاستیسیته در نظر گرفته شده است.



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

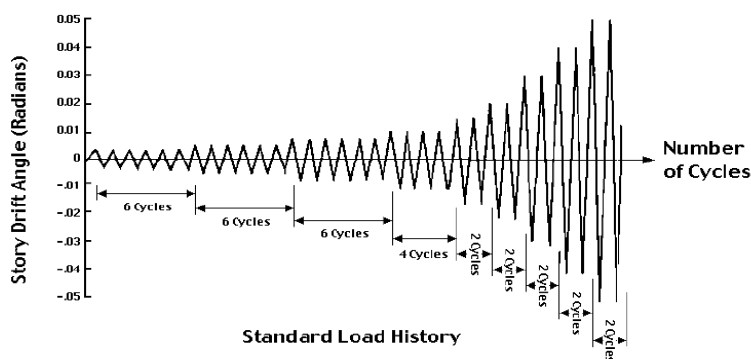
اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



شکل ۳: مدل اجزا محدود سه بعدی

۴- شرایط مرزی و بارگذاری

شرایط مرزی بگونه ای در نظر گرفته شده است که تکیه گاه پایین و بالای ستون به ترتیب بصورت غلطکی و مفصلی عمل نماید. بارگذاری های اعمال شده، کنترل شونده توسط تغییر مکان بوده و در دو الگوی تک جهتی و چرخه ای بر روی تمامی گره های انتهایی تیر اصلی و در جهت قائم، لحاظ شده اند. با توجه به این که اتصالات لرزه ای می بایست قابلیت چرخش به اندازه 0.04 rad را دارا باشند، در بارگذاری یکنوا، بار به صورت یکطرفه تا رسیدن به تغییر مکان جانبی نسبی طبقه (زاویه دریفت) 4% اعمال می شود و همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است مقادیر بارگذاری چرخه ای اعمال شده به انتهای تیر طبق پیشنهاد آیین نامه لرزه ای AISC-2005 [۸] و FEMA350 [۹] همان مقادیر مربوط به پروتکل بارگذاری استاندارد SAC 97 [۱۰] می باشد.



شکل ۴: بارگذاری استاندارد پیشنهادی SAC



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

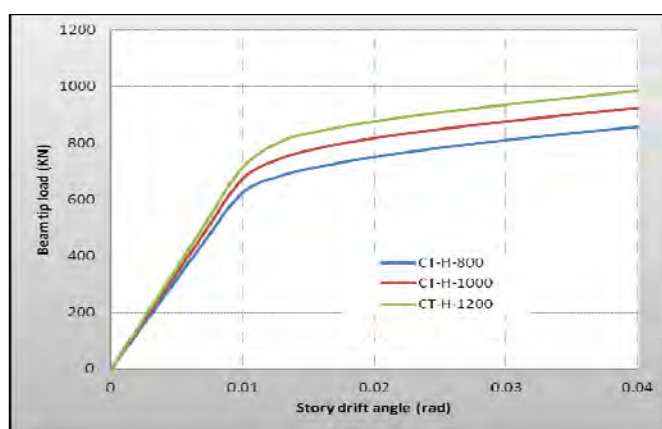
سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



۵- نتیجه حاصل از بارگذاری یکنوا

شکل ۵ نتیجه نهایی تحلیل تحت بارگذاری یک طرفه، منحنی نیرو در نوک تیر در مقابل زاویه دریفت را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود تمام مدل‌ها تا قبل از رسیدن به زاویه دریفت ۰.۱٪ رادیان رفتار الاستیک از خود نشان می‌دهند که این رفتار، در مورد قاب‌های خمشی، معمول و طبیعی می‌باشد.



شکل ۵: منحنی نیرو در نوک تیر - زاویه دریفت

با توجه به نمودارهای رسم شده ملاحظه می‌گردد که مقاومت ارتجاعی و غیر ارتجاعی حاصل از بارگذاری تک جهتی در مدل با طول ماهیچه ۱۲۰۰ میلی‌متر بزرگتر از پارامترهای نظیر در مدل‌ها با طول ماهیچه ۱۰۰۰ و ۸۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

۶- توزیع تنش فون میسز و کرنش پلاستیک معادل

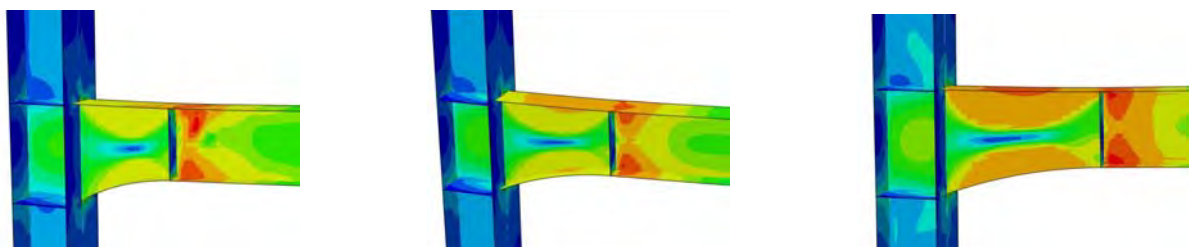
در شکل‌های ۶ و ۷ توزیع تنش فون میسز و کرنش پلاستیک معادل برای مدل‌های مذکور در زاویه دریفت ۰.۴٪ نمایش داده شده است. با توجه به توزیع تنش و کرنش مشاهده می‌گردد، مفصل پلاستیک از ناحیه اتصال به سوی تیر اصلی منتقل شده و به دور از بر ستون و بعد از ناحیه ماهیچه‌ای تشکیل می‌شود. نکته مهم دیگر که در شکل‌ها مشاهده می‌شود این است که تنش در چشمه اتصال کمتر از حد الاستیک است بنابراین چشمه اتصال در طول تحلیل بطور ارتجاعی رفتار کرده است. همچنین تشکیل مفصل پلاستیک در مقطع تیر به دور از وجه ستون، بیانگر آن است که، مدل‌های مورد مطالعه رفتار شکل



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



پذیر از خود نشان می دهند و از عدم جاری شدن ادوات اتصال و ستون که طبق مبانی طراحی لرزه ای باید الاستیک باقی بمانند یا نسبت به جاری شدگی تیر تاخیر داشته باشند، اطمینان حاصل می گردد.

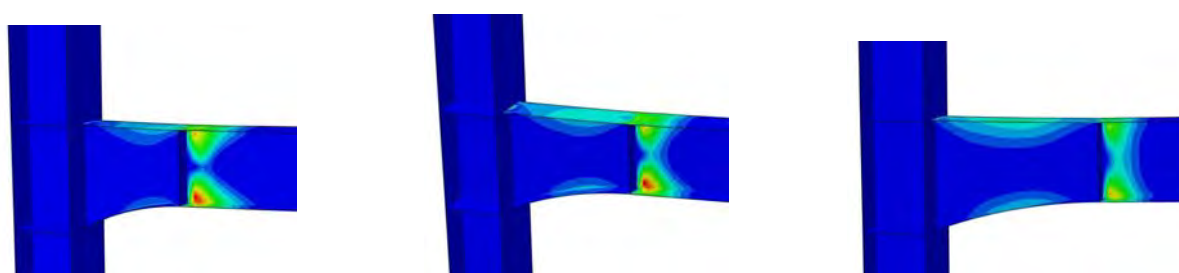


(الف)

(ب)

(ج)

شکل ۶: توزیع تنش فون میسز در زاویه دررفت ۰/۰۴ رادیان الف: CT-800 ، ب: CT-1000 ، ج: CT-1200



(الف)

(ب)

(ج)

شکل ۷: توزیع کرنش پلاستیک معادل در زاویه دررفت ۰/۰۴ رادیان الف: CT-800 ، ب: CT-1000 ، ج: CT-1200

۷- منحنی هیستریزیس لنگر - زاویه دررفت

نتیجه نهایی تحلیل تحت بارگذاری چرخه ای، منحنی هیستریزیس لنگر در وجه ستون - زاویه دررفت خواهد بود که در شکل ۸ قابل مشاهده می باشد. حال بایستی با توجه به منحنی رسم شده در مورد رفتار لرزه ای اتصال قضاوت کرد. لازم به ذکر است محور افقی در شکل ها نشان دهنده 0.8 Mp می باشد. مطابق با ضوابط آیین نامه لرزه ای 2005 - AISC در قاب های خمشی با شکل پذیری ویژه انتظار می رود که کلیه اتصالات و اجزای آن توانایی تحمل در برابر زاویه دررفت حداقل تا 0.04 رادیان را داشته باشند و مقاومت خمشی اندازه گیری شده در وجه ستون مربوط به اتصال، بزرگتر یا مساوی 0.8 Mp مربوط به تیر متصل شده به ستون، در زاویه دررفت 0.04 رادیان باشد. با توجه به منحنی های هیستریزیس، مشاهده

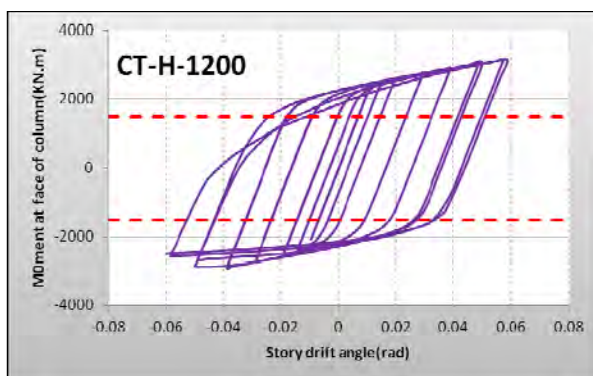
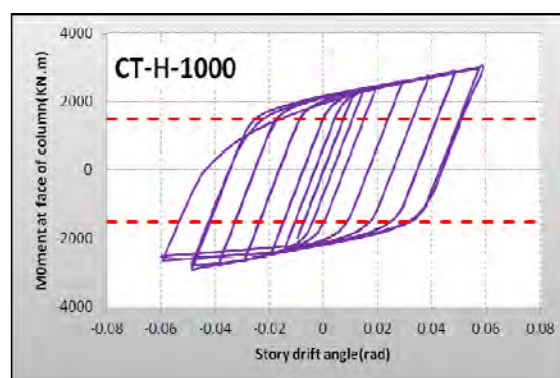
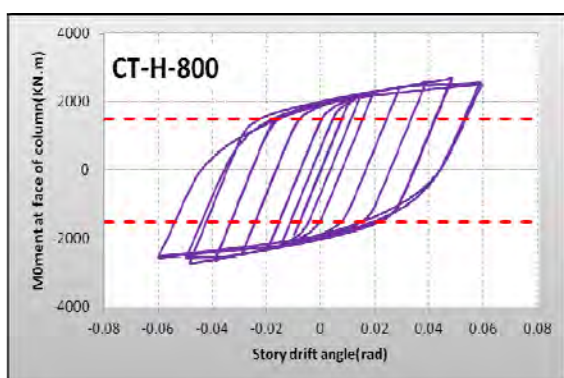


سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد استحکام در سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر صنعت سازه



اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)

می‌گردد که مقدار لنگر در وجه ستون در زاویه دریفت ۴٪ از $0.8M_p$ بیشتر می‌باشد و همچنین در مدل‌های مورد مطالعه تا رسیدن به زاویه دریفت ۴٪ کمانشی رخ نداده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تمام اتصالات بر اساس آیین‌نامه AISC-2005 کاملاً شکل‌پذیر بوده و قابلیت استفاده در قاب‌های خمشی ویژه را دارا می‌باشند.



شکل ۸: منحنی هیستریزس لنگر - زاویه دریفت

۸- منحنی‌های پوش لنگر - زاویه دریفت

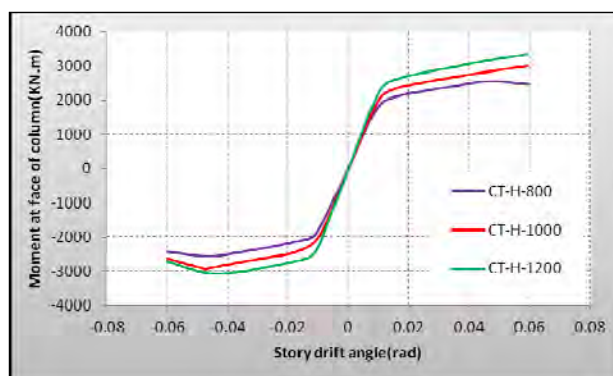
به منظور مطالعه اثر طول ماهیچه، منحنی‌های پوش مربوط به هر سه مدل در کنار یکدیگر در شکل ۹ رسم شده است. همانطور که ملاحظه می‌گردد با افزایش طول ماهیچه سختی ارتجاعی و مقاومت غیر ارتجاعی نیز افزایش یافته است.



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه

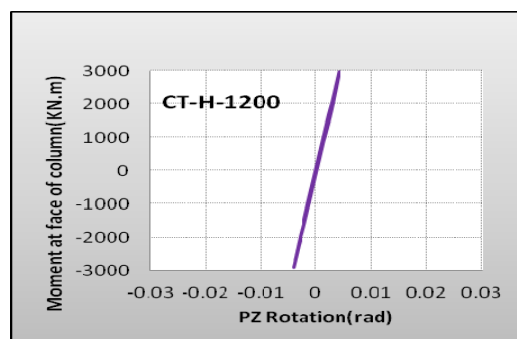
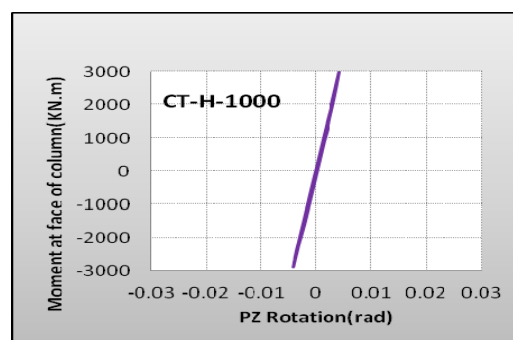
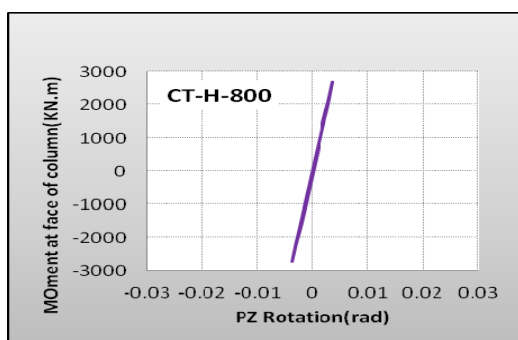
اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



شکل ۹: منحنی پوش لنگر - زاویه دریفت

۹- منحنی های هیستریزیس لنگر - زاویه چرخش چشمه اتصال

به منظور بررسی چشمه اتصال منحنی هیستریزیس لنگر در وجه ستون - چرخش چشمه اتصال در شکل ۱۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱۰: منحنی لنگر - چرخش چشمه اتصال



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد

سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه



اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)

با توجه به منحنی‌ها، ملاحظه می‌شود که در هر سه مدل چرخش چشمه اتصال بسیار ناچیز است و چشمه اتصال در اتلاف انرژی مشارکتی نداشته و کاملاً الاستیک مانده است زیرا ناحیه منحنی شکل در تیر کوتاه این امکان را ایجاد می‌کند که محل چرخش اتصال و اتلاف انرژی در خارج ستون و در تیر اتفاق بیفتد. چنانچه a و b ابعاد اولیه چشمه اتصال و δ_1 و δ_2 تغییر در طول اقطار چشمه اتصال باشند چرخش چشمه اتصال بر اساس رابطه (۱) محاسبه می‌گردد [۱۱]:

$$\gamma_{pz} = \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{2ab} (\delta_1 - \delta_2) \quad (1)$$

۸- نتیجه گیری:

- در هر سه مدل، با توجه به توزیع تنش فون میسز و کرنش پلاستیک معادل، ملاحظه می‌گردد که مفصل پلاستیک به دور از وجه ستون و در ابتدای تیر اصلی تشکیل می‌گردد. بنابراین این نوع اتصالات، با انتقال مفصل پلاستیک در مقطع تیر به دور از وجه ستون، بعلت تاثیر تیر کوتاه غیر منشوری، رفتار شکل پذیرتری از خود نشان می‌دهند.
- با توجه به توزیع تنش فون میسز و کرنش معادل پلاستیک مشاهده گردید که چشمه اتصال در حالت الاستیک باقی می‌ماند و همچنین با تشکیل مفصل پلاستیک به دور از وجه ستون از عدم جاری شدن ادوات اتصال و ستون که طبق مبانی طراحی لرزه ای بایستی الاستیک باقی بمانند، اطمینان حاصل می‌شود.
- اتصالات خمشی ستون-درختی با تیر کوتاه غیر منشوری و ستون با مقطع H پیشنهاد شده می‌توانند نیازمندی‌های آیین نامه AISC-2005 را در مورد قاب‌های خمشی ویژه تامین می‌نمایند.
- با بررسی اثر طول ماهیچه در مدل‌های مورد مطالعه، مشاهده می‌گردد که افزایش طول ماهیچه و فاصله گرفتن مفصل پلاستیک از محل اتصال موجب می‌شود که مقاومت ارتجاعی و غیر ارتجاعی مقداری افزایش پیدا کند.
- در هر سه مدل، چرخش چشمه اتصال بسیار ناچیز است. بنابراین عملکرد چرخشی کاملاً مستقل از مشارکت ناحیه چشمه اتصال می‌باشد.



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد
سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر استحکام در صنعت سازه
اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)



مراجع:

- [1] Miller, D. K. "Lessons learned from the Northridge earthquake." *Engineering Structures*, 20(4-6), pp. 249-260, 1998.
- [2] Mahin, S. T. "Lessons from damage to steel buildings during the Northridge earthquake." *Engineering Structures*, 20(4-6), pp. 261-270, 1998.
- [3] Nakashima, M. Inoue, K. "Classification of damage to steel buildings observed in the 1995 Hyogoken-Nanbu earthquake." *Engineering Structures*, 20(4-6), pp. 271-281, 1998.
- [4] Astaneh-Asl, A. "Seismic design of steel column-tree moment-resisting frames." *Steel Tips*, Structural Steel Education Council, pp. 40, 1997.
- [5] McMullin, K. M. and Astaneh-Asl, A. "Steel semirigid column-tree moment resisting frame seismic behavior." *Journal of Structural Engineering*, 129(9), pp. 1243-1249, 2003.
- [6] Chen, C. C., Lin, C. C. and Lin, C. H. "Ductile moment connections used in steel column-tree moment-resisting frames." *Journal of Constructional Steel Research*, 62(8), pp. 793-801, 2006.
- [7] ABAQUS Finite Element Program Version 6.10.1.
- [8] AISC . *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. American Institute of Steel Construction, Illinois, 2005.
- [9] Federal Emergency Management Agency (FEMA). *Recommended seismic design criteria for new steel moment-frame buildings*. FEMA-350, prepared by the SEAOC-ATC-CUREE (SAC) Joint Venture for FEMA, Washington, DC, 2000.
- [10] Clark, P., Frank, K., Krawinkler, H., and Shaw, R. "Protocol for fabrication, inspection, testing and documentation of beam-column connection tests other experimental specimens." Report No. SAC/BD-97/02, SAC Joint Venture, Sacramento, CA, 1997
- [11] Moslehi Tabar, A. and Deylami, A. "Instability of beams with reduced beam section moment connections emphasizing the effect of column panel zone ductility." *Journal of Constructional Steel Research*, 61(11), pp. 1475-1491, 2001.



سومین کنفرانس ملی سازه و فولاد
سومین کنفرانس ملی کاربرد فولادهای پر
استحکام در
صنعت سازه
اولین کنفرانس ملی سازه‌های سبک فولادی (LSF)

