دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد – گرایش مهندسی زلزله

بررسی اثر بار محوری بر رفتار لرزه‌ای چشمه اتصال در قابهای خمشی فولادی

استاد راهنما :

جناب آقای دکتر دانش آشتیانی

نگارش :

رامین شیری

شماره دانشجویی :

۸۹۰۱۱۰۴

زمستان ۱۳۹۱

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به

پدر بزرگوار و مادر مهربانم

آن دو فرشته ای که از خواسته هایشان گذشتند، سختی ها را به جان خریدند و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات کردند تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده ام برسم.

تأییدیّه هیئت داوران

(برای پایان نامه)

اعضاءی هیئت داوران، نسخه نهایی پایان نامه خانم / آقای:

را با عنوان:

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی/ کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضاءی هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
استاد راهنما			
استاد مشاور			
استاد مشاور			
استاد ممتحن			
استاد ممتحن			
نماینده تحصیلات تکمیلی			

اظهار نامه دانشجو

موضوع پایان نامه : بررسی اثر بار محوری بر رفتار لرزه‌ای چشمه اتصال در قاب‌های خمشی فولادی

استاد راهنما : دکتر فخرالدین احمدی دانش آشتیانی

دانشجو : رامین شیری

اینجانب رامین شیری دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران-گرایش مهندسی زلزله، دانشکده مهندسی عمران دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده، مورد تأیید می‌باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان، مرجع مورد استفاده اشاره شده است.

به علاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در جای دیگری ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چهارچوب مصوب دانشگاه را به طور کامل رعایت کرده‌ام.

امضا :

تاریخ :

مالکیت حق چاپ و تکثیر

حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هر گونه کپی برداری به صورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست. هم چنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

تقدیر و تشکر

اکنون که به خواست خداوند این تحقیق به سرانجام رسیده است، بر خود لازم می‌دانم از محضر استاد ارجمند ***جناب آقای دکتر دانش***، که در انجام این تحقیق همواره راهنما و پشتیبان اینجانب بوده‌اند تقدیر و تشکر نمایم و برای ایشان آرزوی سلامتی و موفقیت روز افزون از درگاه خداوند خواستارم. همچنین از آقایان **دکتر کوثریه، دکتر ناصری‌فر و دکتر محمدرضاپور** که در انجام پایان‌نامه بنده را یاری نموده و از هیچ کمکی دریغ ننموده‌اند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

یکی از پرکاربردترین سیستم‌های مقاوم لرزه‌ای، قاب‌های خمشی فولادی است که عملکرد مناسب این قاب‌ها تحت تکان‌های لرزه‌ای به مقدار زیادی به رفتار اتصالات تیر به ستون وابسته است. از جمله بخش‌های مهم اتصالات تیر به ستون در قاب خمشی، ناحیه چشمه اتصال است که سختی و مقاومت آن در رفتار و شکل پذیری قاب تاثیر بسزایی دارد. چشمه اتصال ناحیه‌ای ازجان ستون است که محصور بین امتداد بال‌های بالایی و پایینی تیرهای دو وجه مقابل ستون و بال‌های ستون می‌باشد. رفتار چشمه اتصال در قاب‌های خمشی ویژه (که شکل‌پذیری بالایی از این نوع قاب‌ها انتظار می‌رود) نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند ودرک رفتار این ناحیه مهم از اتصال منجر به درک هرچه بهتر رفتار خطی و غیرخطی و شناخت عملکرد لرزه‌ای قاب‌های خمشی خواهد شد. در این راستا مطالعات آزمایشگاهی و عددی زیادی درباره رفتار چشمه اتصال صورت گرفته است. کماکان مناسب بودن تغییرشکل غیر ارتجاعی در چشمه اتصال، یکی از موضوعات چالش برانگیز می‌باشد. از طرفی تغییراتی که در تاریخچه چهل ساله دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های طراحی چشمه اتصال حادث شده ، موید این واقعیت است که هنوز درک درستی از تاثیر میزان تغییرشکل چشمه اتصال بر پاسخ سازه حاصل نشده و نیاز به تحقیقات بیشتر وجود دارد. به‌هرحال این نگرانی که ممکن است چشمه اتصال ضعیف منجر به شکست ناگهانی در برخی از شرایط شود، هنوز وجود دارد. نیروی محوری از جمله پارامترهایی است که هنگام ضعیف بودن چشمه اتصال به دلیل ضخامت کم این ناحیه ممکن است در رفتار چشمه اتصال و خود اتصال تاثیرگذار باشد لذا لزوم تحقیق در زمینه بررسی اثر بار محوری بر روی رفتار اتصال و چشمه‌ی آن احساس می‌شود. در این تحقیق به بررسی این موضوع، خصوصا در مورد اتصالات با جزئیات اجرایی رایج در کشورمان پرداخته شده است. برای انجام این تحقیق از نرم‌افزار ABAQUS استفاده شده است. نتایج حاصل از تحقیقات نشان دادند که بار محوری در اتصال با چشمه‌ی قوی تاثیر چندانی بر روی مقاومت و سختی اتصال نداشته اما با ضعیف‌تر شدن چشمه اتصال، افزایش بار محوری باعث کاهش مقاومت کلی اتصال می‌گردد. همچنین تحقیقات نشان دادند که در فصل مشترک اتصال ورق بال تیر به ستون با کاهش مقاومت چشمه اتصال، اثر بار محوری بر نرخ تغییرات شاخص شکست کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: قاب‌های خمشی فولادی، اتصال خمشی، چشمه اتصال، بار محوری

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول – مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه ۲

۱-۲ طراحی لرزه‌ای سیستمهای باربر لرزه‌ای ۲

۱-۳ مکانیزم‌های غیر خطی شدن قاب‌های خمشی ۵

۱-۴ اتصالات قاب‌های خمشی ۷

۱-۴-۱ اتصالات پیش از زلزله‌ی نرثریج ۸

۱-۴-۲ صدمات مشاهده شده در زلزله ۱۰

۱-۵ اهداف و ضرورت تحقیق ۱۱

۱-۶ ساختار پایان‌نامه ۱۱

فصل دوم – مروری بر تحقیقات پیشین

۲-۱ مقدمه ۱۳

۲-۲ رفتار چشمه اتصال و تاثیر آن بر رفتار اتصال ۱۳

۲-۳ تاثیر چشمه اتصال بر پاسخ لرزه ای سازه ۲۰

۲-۴ طراحی چشمه اتصال ۲۹

۲-۴-۱ فلسفه های حاکم بر طراحی چشمه اتصال ۲۹

۲-۴-۲ تاریخچه طراحی چشمه اتصال ۲۹

۲-۵ مدلسازی چشمه‌ی اتصال ۴۷

۲-۶ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۵۵

فصل سوم – معرفی مدل‌های مورد مطالعه

۳-۱ مقدمه ۵۸

۲-۳ مشخصات هندسی سازه‌ها ۵۸
۱-۲-۳ محاسبه برش پایه ۶۰
۳-۳ مدل‌سازی، بارگذاری، تحلیل و طراحی در نرم‌افزار ETABS ۶۱
۴-۳ کنترل ضوابط ویژه طراحی لرزه‌ای ۶۲
۵-۳ طراحی اتصالات ۶۲
۱-۵-۳ محاسبه‌ی لنگر مورد انتظار تیر ۶۲
۲-۵-۳ محاسبه برش طراحی در بر ستون ۶۲
۳-۵-۳ محاسبه لنگر طراحی در بر ستون ۶۳
۴-۵-۳ طراحی ورق زیرسری ۶۳
۵-۵-۳ محاسبه بعد جوش(گوشه) ورق زیرسری به تیر: ۶۴
۶-۵-۳ طراحی ورق روسری ۶۵
۷-۵-۳ طراحی ابعاد ورق اتصال جان ۶۷
۶-۳ مقاطع بکار رفته در دسته اول سازه‌های مورد مطالعه ۷۱
فصل چهارم – مدلسازی و تحلیل عددی اتصال
۱-۴ مقدمه ۷۳
۲-۴ معرفی خصوصیات و قابلیت های نرم افزار ۷۳
۱-۲-۴ تحلیل غیر خطی هندسی ۷۳
۲-۲-۴ معرفی المانهای متناسب با فیزیک مساله ۷۹
۳-۲-۴ شبکه بندی مدل‌ها ۸۱
۴-۲-۴ روش‌های حل ۸۱
۵-۲-۴ خروجی های نرم افزار ۸۱
۳-۴ مدلسازی جهت راستی‌آزمایی جزئیات بکار گرفته شده در مطالعات عددی ۸۲

۴-۴ مدل‌سازی اجزاء محدود مدل‌های مورد مطالعه ۸۹
۴-۴-۱ مدل پاره سازه ۸۹
۴-۴-۲ مشخصات مصالح مدل‌ها ۹۱
۴-۴-۳ الگوی بارگذاری سیکلی ۹۲
۴-۴-۴ المان مورد استفاده و اندازه المان‌ها ۹۳
۴-۴-۵ –شرایط مرزی ۹۴
۴-۴-۶ –تحلیل مدل‌ها ۹۵
۴-۵ مدل‌سازی اجزاء محدود کلی قاب (سازه) ۹۵
۴-۶ معرفی پارامترهای شکست در مصالح: ۹۶
۴-۶-۱ شاخص فشار ۹۸
۴-۶-۲ شاخص کرنش معادل پلاستیک ۹۸
۴-۶-۳ شاخص میسز ۹۹
۴-۶-۴ شاخص سه محوری ۹۹
۴-۶-۵ شاخص گسیختگی ۹۹
۴-۷ محاسبه پارامترهای مورد مطالعه ۱۰۰
۴-۷-۱ زاویه دریفت میان طبقه ۱۰۱
۴-۷-۲ چرخش چشمه اتصال ۱۰۱
فصل پنجم – بررسی رفتار چشمه اتصال و ارائه نتایج حاصل از آنالیز
۵-۱ مقدمه ۱۰۵
۵-۲ اثر بار محوری بر روی رفتار اتصال ۱۰۵
۵-۲-۱ اتصال با چشمه‌ی اتصال قوی ۱۰۶
۵-۲-۲ اتصال با چشمه‌ی متوسط ۱۱۵

۵-۲-۳ اتصال با چشمه‌ی اتصال ضیف ۱۲۳
۵-۳ اثر مقاومت چشمه اتصال ۱۳۱
۵-۳- ۱ اثر مقاومت چشمه اتصال بر منحنی لنگر-چرخش کلی اتصال ۱۳۱
۵-۳- ۲ اثر مقاومت چشمه اتصال بر منحنی لنگر-چرخش چشمه اتصال ۱۳۲
۵-۳-۳ اثر مقاومت چشمه اتصال بر معیار کرنش معادل پلاستیک در محل اتصال تیر به ستون ۱۳۳
۵-۳-۴ اثر مقاومت چشمه اتصال بر شاخص سه محوری در محل اتصال تیر به ستون ۱۳۵
۵-۳-۵ اثر مقاومت چشمه اتصال بر شاخص شکست در محل اتصال تیر به ستون ۱۳۷
۵-۴ اثر مقاومت چشمه اتصال بر میزان انرژی مستهلک شده توسط اتصال ۱۴۰
۵-۵ تاثیر چشمه اتصال بر روی رفتار کلی قاب ۱۴۱
۵-۵-۱ تحلیل استاتیکی غیرخطی ۱۴۱
۵-۵-۲ تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی ۱۴۲
فصل ششم - نتایج و پیشنهادات
۶-۱ جمع‌بندی و نتیجه گیری ۱۴۴
۶-۲ پیشنهادات ۱۴۶
مراجع ۱۴۷

فهرست جداول

جدول ۲-۱: اثر مقاومت چشمه اتصال بر وضعیت تنش و کرنش در محل اتصال تیر به ستون ۱۵
جدول ۲-۲: مقاطع بکار رفته در قاب ۸ طبقه چهار دهانه ۲۶
جدول ۴-۱: مشخصات مصالح استفاده شده در ساخت نمونه‌های اتصال ۸۵

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: انواع سیستم های باربر لرزه‌ای[۱] ۳
شکل ۱-۲: تغییر شکل قاب خمشی تحت بار جانبی [۲] ۶
شکل ۱-۳: نیروها و لنگرهای وارد بر چشمه‌ی اتصال و نیروهای برشی معادل آن[۷] ۷
شکل ۱-۴: اتصالات خمشی پیش از زلزله‌ی نورثریج[۸] ۸
شکل ۱-۵: نمودار لنگرخمشی اتصال بر حسب کرنش برشی چشمه‌ی اتصال[۹] ۹
شکل ۲-۱: نتایج نمونه‌ها با ضخامت‌های مختلف بال ستون [۱۳] ۱۶
شکل ۲-۲: اثر ضخامت چشمه اتصال بر پارامترهای آزمایشگاهی (دایره‌ها مربوط به نمونه‌های لی و مربع‌ها مربوط به نمونه‌های ریکلس می‌باشند) [۱۶] ۱۸
شکل ۲-۳: مشارکت تغییر شکل برشی چشمه اتصال در دوران اتصال (دایره‌ها مربوط به نمونه‌های لی و مربع‌ها مربوط به نمونه‌های ریکلس می‌باشند) [۱۶] ۱۹
شکل ۲-۴: پلان ساختمان‌های مورد بررسی در تحقیقات کراوینکلر و همکارانش [۱۸] ۲۱
شکل ۲-۵: چگونگی مدل‌سازی اتصالات در تحقیقات کراوینکلر و همکارانش[۱۸] ۲۲
شکل ۲-۶: نمودارهای بارجانبی- تغییر مکان بام در ساختمانهای مورد بررسی در تحقیقات کراوینکلر و همکارانش[۱۸] ۲۳
شکل ۲-۷: تقاضای نسبت شکل‌پذیری دورانی در تیرها در ساختمانهای مورد بررسی در تحقیقات کراوینکلر و همکارانش[۱۸] ۲۴
شکل ۲-۸: تقاضای نسبت تغییرشکل برشی در اتصالات در ساختمانهای مورد بررسی در تحقیقات کراوینکلر و همکارانش[۱۸] ۲۵
شکل ۲-۹: نمودارهای تغییرمکان نسبی طبقات در ساختمان‌های مورد بررسی در تحقیقات میری و همکاران[۱۹] ۲۷
شکل ۲-۱۰: مقادیر پریود بدست آمده برای حالت‌های مختلف در ساختمان‌های مورد بررسی در تحقیقات میری و همکاران [۱۹] ۲۸
شکل ۲-۱۱: اتصال ورق‌های مضاعف بوسیله جوش‌های انگشتانه (AISC, 1997) ۳۲
شکل ۲-۱۲: تغییر شکل چشمه اتصال ضعیف [۱۶] ۳۳

شکل ۲-۱۳: نتایج نمونه‌ها با ارتفاعات مختلف تیر در تحقیقات ال‌تویل ۱۹۹۹ [۱۳] ۳۵
شکل ۲-۱۴: نتایج نمونه‌ها با ضخامت‌های مختلف بال ستون در تحقیقات ال‌تویل ۱۹۹۹ [۱۳] ۳۶
شکل ۲-۱۵: نتایج نمونه‌ها با ضخامت‌های مختلف جان ستون در محل چشمه اتصال در تحقیقات ال‌تویل ۱۹۹۹ [۱۳] ۳۷
شکل ۲-۱۶: نیروها در چشمه اتصال (FEMA 350, 2000) [۸] ۳۹
شکل ۲-۱۷: مدل‌های مورد بررسی در تحقیقات ال‌تویل در سال ۲۰۰۵ [۱۶] ۴۲
شکل ۲-۱۸: نحوه مدل‌سازی اتصالات در در تحقیقات ال‌تویل در سال ۲۰۰۵ [۱۶] ۴۳
شکل ۲-۱۹: نحوه مدل‌سازی چشمه اتصال در تحقیقات ال‌تویل در سال ۲۰۰۵ [۱۶] ۴۳
شکل ۲-۲۰: نتایج تحلیل ساختمان ۱۶ طبقه در تحقیقات ال‌تویل در سال ۲۰۰۵ [۱۶] ۴۵
شکل ۲-۲۱: میزان مشارکت چشمه اتصال در دریفت میان طبقه در تحقیقات ال‌تویل در سال ۲۰۰۵ [۱۶] ۴۵
شکل ۲-۲۲: مدل قیچی جهت مدل کردن چشمه‌ی اتصال [۲۶] ۴۷
شکل ۲-۲۳: مدل قاب جهت مدل نمودن چشمه‌ی اتصال با استفاده از دو فنر پیچشی [۲۷] ۴۸
شکل ۲-۲۴: مدل قاب جهت مدل نمودن چشمه‌ی اتصال با استفاده از فنر محوری [۲۶] ۴۸
شکل ۲-۲۵: نیروهای مرزی وارد بر چشمه‌ی اتصال و نیروهای برشی معادل ۵۰
شکل ۲-۲۶: مدل دوخطی چشمه‌ی اتصال ارائه شده توسط فیلدینگ و هوآنگ [۲۶] ۵۱
شکل ۲-۲۷: مدل سه خطی چشمه‌ی اتصال [۲۶] ۵۲
شکل ۳-۱: پلان ساختمان مورد بررسی ۵۹
شکل ۴-۱: معیار تسلیم فون میسز و ترسکا در حالت دو بعدی ۷۶
شکل ۴-۲: معیار تسلیم فون میسز و ترسکا در حالت سه بعدی ۷۶
شکل ۴-۳: اثر بوشینگر در فولاد ساختمانی [۳۲] ۷۷
شکل ۴-۴: مدل سخت شوندگی ایزوتروپیک [۳۲] ۷۸
شکل ۴-۵: مدل سخت شوندگی کینماتیک [۳۲] ۷۸
شکل ۴-۶: مقایسه‌ی مدل سخت شدگی ایزوتروپیک و سینماتیک ۷۹
شکل ۴-۷- المان‌هایی که به طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرند [۳۱] ۸۰
شکل ۴-۸- ترتیب گره‌ها و شماره صفحه‌ها در المان C3D8 ..... ۸۱
شکل ۴-۹: جزئیات و ابعاد ابزار آزمایش [۳۳] ۸۳

شکل ۴-۱۰: عکس آزمایش [۳۳] ۸۴
شکل ۴-۱۱: جزئیات اتصال RC 06 [۳۳] ۸۴
شکل ۴-۱۲: مش بندی مدل سحت سنجی ۸۶
شکل ۴-۱۳: الگوی بارگذاری سیکلی استفاده شده در آزمایش [۳۳] ۸۷
شکل ۴-۱۴: مقایسه نتایج حاصل از تحلیل اجزاء محدود و مطالعات آزمایشگاهی ۸۸
شکل ۴-۱۵: مقایسه نتایج حاصل از تحلیل اجزاء محدود و مطالعات آزمایشگاهی ۸۸
شکل ۴-۱۶: مدل پاره سازه مورد قبول آیین‌نامه AISC 341, 2010 و FEMA 350, 2000 برای اتصالات خمشی ۸۹
شکل ۴-۱۷: مدل پاره سازه یک طرفه، AISC 341, 2010 و FEMA 350 ..... ۹۰
شکل ۴-۱۸: مدل پاره سازه مورد استفاده در تحلیل اجزاء محدود اتصالات ۹۰
شکل ۴-۱۹: نمودار تنش-کرنش فولاد ساختمتانی ST 37 ..... ۹۱
شکل ۴-۲۰: مدل رفتار دوخطی فولاد مورد استفاده در نرم‌افزار ۹۲
شکل ۴-۲۱: نحوه محاسبه زاویه دریفت میان طبقه بر اساس AISC 341(2010) و FEMA350\351(2000) ۹۳
شکل ۴-۲۲: نحوه مش‌بندی مدل مورد مطالعه ۹۴
شکل ۴-۲۳: نحوه مدلسازی چشمه اتصال در مدلسازی کلی قاب ۹۵
شکل ۴-۲۴: نحوه محاسبه چرخش‌های مورد نیاز ۱۰۲
شکل ۵-۱: نقطه میانی فصل مشترک تیربه ستون (نقطه بحرانی) ۱۰۶
شکل ۵-۲: نمودارهای هیسترزیس لنگر- چرخش کلی اتصال در اتصال با چشمه‌ی قوی برای مقادیر مختلف بار محوری ۱۰۷
شکل ۵-۳: پوش نمودارهای هیسترزیس لنگر- چرخش کلی اتصال در اتصال با چشمه‌ی قوی برای مقادیر مختلف بار محوری ۱۰۸
شکل ۵-۴: نمودارهای هیسترزیس لنگر- چرخش چشمه اتصال در اتصال با چشمه‌ی قوی برای مقادیر مختلف بار محوری ۱۰۹
شکل ۵-۵: پوش نمودارهای هیسترزیس لنگر- چرخش چشمه اتصال در اتصال با چشمه‌ی قوی برای مقادیر مختلف بار محوری ۱۱۰

شکل ۵-۶: مقدار PEEQI برای دریفت های مختلف در بال بالایی اتصال با چشمه‌ی قوی در مقادیر مختلف بار محوری ۱۱۱
شکل ۵-۷: مقدار PEEQI برای دریفت های مختلف در بال پایینی اتصال با چشمه‌ی قوی در مقادیر مختلف بار محوری ۱۱۱
شکل ۵-۸: مقدار Triaxiality Index برای دریفت‌های مختلف در بال بالایی اتصال با چشمه‌ی قوی در مقادیر مختلف بار محوری ۱۱۲
شکل ۵-۹: مقدار Triaxiality Index برای دریفت‌های مختلف در بال پایینی اتصال با چشمه‌ی قوی در مقادیر مختلف بار محوری ۱۱۳
شکل ۵-۱۰: مقدار Rupture Index برای دریفت‌های مختلف در بال بالایی اتصال با چشمه‌ی قوی در مقادیر مختلف بار محوری ۱۱۴
شکل ۵-۱۱: مقدار Rupture Index برای دریفت‌های مختلف در بال پایینی اتصال با چشمه‌ی قوی در مقادیر مختلف بار محوری ۱۱۴
شکل ۵-۱۲: نمودارهای هیسترزیس لنگر- چرخش کلی اتصال در اتصال با چشمه‌ی متوسط برای مقادیر مختلف بار محوری ۱۱۶
شکل ۵-۱۳: پوش نمودارهای هیسترزیس لنگر- چرخش کلی اتصال در اتصال با چشمه‌ی متوسط برای مقادیر مختلف بار محوری ۱۱۶
شکل ۵-۱۴: نمودارهای هیسترزیس لنگر- چرخش چشمه اتصال در اتصال با چشمه‌ی متوسط برای مقادیر مختلف بار محوری ۱۱۷
شکل ۵-۱۵: پوش نمودارهای هیسترزیس لنگر- چرخش چشمه اتصال در اتصال با چشمه‌ی متوسط برای مقادیر مختلف بار محوری ۱۱۸
شکل ۵-۱۶: مقدار PEEQI برای دریفت‌های مختلف در بال بالایی اتصال با چشمه‌ی متوسط در مقادیر مختلف بار محوری ۱۱۹
شکل ۵-۱۷: مقدار PEEQI برای دریفت های مختلف در بال پایینی اتصال با چشمه‌ی متوسط در مقادیر مختلف بار محوری ۱۱۹
شکل ۵-۱۸: مقدار Triaxiality Index برای دریفت‌های مختلف در بال بالایی اتصال با چشمه‌ی متوسط در مقادیر مختلف بار محوری ۱۲۰

شکل ۵-۱۹: مقدار Triaxiality Index برای دریفت‌های مختلف در بال پایینی اتصال با چشمه‌ی متوسط در مقادیر مختلف بار محوری ۱۲۱
شکل ۵-۲۰: مقدار Rupture Index برای دریفت‌های مختلف در بال بالایی اتصال با چشمه‌ی متوسط در مقادیر مختلف بار محوری ۱۲۲
شکل ۵-۲۱: مقدار Rupture Index برای دریفت‌های مختلف در بال پایینی اتصال با چشمه‌ی متوسط در مقادیر مختلف بار محوری ۱۲۲
شکل ۵-۲۲: نمودارهای هیسترزیس لنگر- چرخش کلی اتصال در اتصال با چشمه‌ی ضعیف برای مقادیر مختلف بار محوری ۱۲۴
شکل ۵-۲۳: پوش نمودارهای هیسترزیس لنگر- چرخش کلی اتصال در اتصال با چشمه‌ی ضعیف برای مقادیر مختلف بار محوری ۱۲۴
شکل ۵-۲۴: نمودارهای هیسترزیس لنگر- چرخش چشمه اتصال در اتصال با چشمه‌ی ضعیف برای مقادیر مختلف بار محوری ۱۲۶
شکل ۵-۲۵: پوش نمودارهای هیسترزیس لنگر- چرخش چشمه اتصال در اتصال با چشمه‌ی ضعیف برای مقادیر مختلف بار محوری ۱۲۶
شکل ۵-۲۶: مقدار PEEQI برای دریفت‌های مختلف در بال بالایی اتصال با چشمه‌ی ضعیف در مقادیر مختلف بار محوری ۱۲۷
شکل ۵-۲۷: مقدار PEEQI برای دریفت های مختلف در بال پایینی اتصال با چشمه‌ی ضعیف در مقادیر مختلف بار محوری ۱۲۷
شکل ۵-۲۸: مقدار Triaxiality Index برای دریفت‌های مختلف در بال بالایی اتصال با چشمه‌ی ضعیف در مقادیر مختلف بار محوری ۱۲۸
شکل ۵-۲۹: مقدار Triaxiality Index برای دریفت‌های مختلف در بال پایینی اتصال با چشمه‌ی ضعیف در مقادیر مختلف بار محوری ۱۲۹
شکل ۵-۳۰: مقدار Rupture Index برای دریفت‌های مختلف در بال بالایی اتصال با چشمه‌ی ضعیف در مقادیر مختلف بار محوری ۱۳۰
شکل ۵-۳۱: مقدار Rupture Index برای دریفت‌های مختلف در بال پایینی اتصال با چشمه‌ی ضعیف در مقادیر مختلف بار محوری ۱۳۰

شکل ۵-۳۲: نمودارهای لنگر- چرخش کلی اتصال برای مقادیر مختلف بار محوری با ضخامت های متفاوت ورق مضاعف در ناحیه چشمه اتصال ۱۳۲
شکل ۵-۳۳: نمودارهای لنگر- چرخش چشمه اتصال برای مقادیر مختلف بار محوری با ضخامت های متفاوت ورق مضاعف در ناحیه چشمه اتصال ۱۳۳
شکل ۵-۳۴: مقدار PEEQI برای مقادیر مختلف بار محوری با ضخامت های متفاوت ورق مضاعف چشمه اتصال در محل اتصال ورق بال بالای تیر به ستون ۱۳۴
شکل ۵-۳۵: مقدار PEEQI برای مقادیر مختلف بار محوری با ضخامت های متفاوت ورق مضاعف چشمه اتصال در محل اتصال ورق بال پایین تیر به ستون ۱۳۵
شکل ۵-۳۶: مقدار Triaxiality Index برای مقادیر مختلف بار محوری با ضخامت‌های متفاوت ورق مضاعف چشمه اتصال در محل اتصال ورق بال بالای تیر به ستون ۱۳۶
شکل ۵-۳۷: مقدار Triaxiality Index برای مقادیر مختلف بار محوری با ضخامت‌های متفاوت ورق مضاعف چشمه اتصال در محل اتصال ورق بال پایین تیر به ستون ۱۳۷
شکل ۵-۳۸: مقدار Rupture Index برای مقادیر مختلف بار محوری با ضخامت‌های متفاوت ورق مضاعف چشمه اتصال در محل اتصال ورق بال بالای تیر به ستون ۱۳۸
شکل ۵-۳۹: مقدار Rupture Index برای مقادیر مختلف بار محوری با ضخامت‌های متفاوت ورق مضاعف چشمه اتصال در محل اتصال ورق بال پایین تیر به ستون ۱۳۹
شکل ۵-۴۰: میزان انرژی جذب شده توسط اتصال برای حالت‌های مختلف چشمه‌ی اتصال ۱۴۰
شکل ۵-۴۱: میزان مشارکت چشمه اتصال در جذب انرژی کل اتصال برای حالت‌های مختلف چشمه‌ی اتصال ۱۴۰
شکل ۵-۴۲: نمودار تغییرمکان بام در مقابل برش پایه برای ضخامت های مختلف ورق مضاعف در ناحیه چشمه اتصال ستون ۱۴۱
شکل ۵-۴۳: نمودار تاریخچه زمانی تغییرمکان بام تحت رکورد زلزله برای ضخامت‌های مختلف ورق مضاعف در ناحیه چشمه اتصال ستون ۱۴۲
شکل ۵-۴۴: نمودار تاریخچه برش پایه تحت رکورد زلزله برای ضخامت های مختلف ورق مضاعف در ناحیه چشمه اتصال ستون ۱۴۲

فصل اول :

مقدمه و کلیات