

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



دانشگاه ملایر

دانشکده مهندسی عمران و معماری - گروه عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد عمران (گرایش سازه)

بررسی اثر شرایط مرزی و هندسه‌ی ورق‌های اتصال مهاربندی

بر روی رفتار لرزه‌ای آنها

به وسیله ی:

مجتبی گرجی‌ازندریانی

استاد راهنما:

دکتر امین محب‌خواه

استاد مشاور:

دکتر علیرضا جهان‌پور

تقدیم به :

مقدسترین واژه‌ها در لغت‌نامه دلم، مادر مهربانم که زندگیم را مدیون مهر و عطوفت آن می‌دانم .

پدر، مهربانی مشفق، بردبار و حامی .

همسرم که نشانه لطف الهی در زندگی من است .

برادر و خواهرانم همراهان همیشگی و پشتوانه‌های زندگیم .

تقدیر و تشکر :

وظیفه خود می‌دانم سپاسگذار تمام آنهایی باشم که در این دوره تحصیلی ارزشمند بودنشان و امیدشان راهگشای من بود؛ خانواده عزیزم که همانند تمام روزهای گذشته با صبر و حوصله در کنارم بودند.

اساتید عزیز و گرانقدر مقطع کارشناسی ارشد، بخصوص جناب آقای دکتر امین محب‌خواه که با تلاش‌های بی‌شائبه خود نه تنها در انجام این پایان‌نامه بلکه در تمام دور تحصیلی مرا یاری نمودند و به هنگام نیاز برای حل مشکلات اینجانب از هیچ کمکی دریغ نوزیدند. برای ایشان آرزوی سلامتی، موفقیت و سربلندی را دارم.

نام خانوادگی دانشجو: گرجی ازندریانی نام: مجتبی		
عنوان پایان نامه : بررسی اثر شرایط مرزی و هندسه‌ی ورق‌های اتصال مهاربندی بر روی رفتار لرزه‌ای آنها		
استاد راهنما : دکتر امین محب‌خواه		
استاد مشاور : دکتر علیرضا جهان‌پور		
مقطع تحصیلی : کارشناسی ارشد	رشته : عمران	گرایش : سازه
دانشگاه ملایر - گروه : عمران	تاریخ فارغ التحصیلی : بهمن ۱۳۹۱	
تعداد صفحات: ۹۷		
کلید واژه : اتصالات ورق اتصال، رفتار لرزه‌ای، شرایط مرزی، هندسه ورق اتصال، قاب فولادی مهاربندی شده		

چکیده

عملکرد موفق قاب‌های مهاربندی همگرا در تامین شکل‌پذیر و اتلاف انرژی وابسته به طراحی مناسب اتصالات آن دارد. طراحی ورق‌های اتصال مهاربندی معمولاً "براساس نتایج تحلیل استاتیکی خطی صورت می‌گیرد. در این پژوهش به روش عددی به بررسی رفتار لرزه‌ای ورق‌های اتصال و قاب‌های مهاربندی در حوزه غیر خطی مصالح پرداخته می‌شود. برای این منظور، مطالعات عددی با روش اجزاء محدود و با استفاده از نرم افزار ABAQUS انجام شده است. بعد از اعتبارسنجی مدل‌های اجزاء محدود با نتایج آزمایشگاهی به بررسی اثر هندسه و شرایط مرزی بر روی رفتار لرزه‌ای ورق‌های اتصال و همچنین اثر وصله تیر پیشنهادی آیین نامه AISC2010 بر روی توزیع تنش ورق‌های اتصال در قاب‌های مهاربندی پرداخته می‌شود.

نتایج بدست آمده از مطالعات پارامتری نشان می‌دهد که رفتار اندرکنشی ورق اتصال با مهاربندی تاثیر بسزایی در نمودار هیستریزس نیرو-جابجایی و میزان انرژی تجمعی جذب شده

دارد. همچنین ملاحظه شد که هندسه ورق اتصال و شرایط مرزی تاثیر قابل توجهی در جابجایی رفتار اندرکنشی ورق اتصال و مهاربندی (تغییر مد گسیختگی) دارد. نتایج بررسی اثر وصله تیر پیشنهادی آیین نامه AISC2010 نشان می‌دهد که روش پیشنهادی باعث کاهش تنش در داخل ورق اتصال می‌گردد.

فهرست مطالب

۱- کلیات.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- ضرورت انجام تحقیق.....	۴
۳-۱- اهداف پژوهش.....	۴
۴-۱- ساختار پژوهش.....	۵
۲- مروری بر تحقیقات گذشته.....	۷
۱-۲- مقدمه.....	۸
۲-۲- معرفی قاب‌های مهاربندی همگرا و ویژگی‌های آنها.....	۹
۳-۲- اصول طراحی مهاربندهای همگرا.....	۱۳
۴-۲- مروری بر تحقیقات انجام شده.....	۱۴
۳- مدل‌سازی و اعتبار سنجی.....	۳۵
۱-۳- مقدمه.....	۳۶
۲-۳- مقدمه‌ای درباره نرم افزار ABAQUS.....	۳۶
۳-۳- جزئیات مدل‌سازی.....	۴۲
۱-۳-۳- مشبندی و خصوصیات مصالح.....	۴۲
۲-۳-۳- شرایط مرزی و بارگذاری.....	۴۳

۴۵	۴-۳- اعتبار سنجیمدل های عددی
۴۶	۳-۴-۱- نمونه های آزمایش رابین ویچ و چنگ (۱۹۹۳)
۵۲	۳-۴-۲- نمونه های آزمایش برناردو کاتولکا (۲۰۰۴)
۵۶	۴- اثر هندسه و شرایط مرزی بر روی رفتار لرزه ای ورق های اتصال
۵۷	۴-۱- مقدمه
۵۷	۴-۲- جزئیات مدل سازی
۵۹	۴-۳- مطالعات پارامتری
۶۱	۴-۳-۱- هندسه و ضخامت
۶۲	۴-۳-۲- طول وصله مهاري
۶۲	۴-۴- نتایج مطالعات پارامتری
۶۷	۴-۴-۱- تاثیر طول وصله مهاري
۷۲	۴-۴-۲- تاثیر ضخامت و هندسه ورق اتصال
۷۶	۵- بررسی اثر وصله مهاري تیر پیشنهادی آیین نامه در رفتار لرزه ای قاب های مهاربندی همگرا
۷۷	۵-۱- مقدمه
۷۸	۵-۲- جزئیات مدل سازی
۷۹	۵-۳- مطالعات پارامتری
۸۲	۵-۴- نتایج مطالعات پارامتری

۸۲	.....	۱-۴-۵- نمونه A1 و B1
۸۴	.....	۲-۴-۵- نمونه A2 و B2
۸۶	.....	۳-۴-۵- نمونه A3 و B3
۸۸	.....	۴-۴-۵- نمونه A4 و B4
۹۲	.....	۶- خلاصه و نتیجه گیری
۹۳	.....	۱-۶- مقدمه
۹۴	.....	۲-۶- نتیجه گیری
۹۵	.....	۳-۶- پیشنهادات برای ادامه‌ی تحقیقات
۹۶	.....	منابع و مراجع

فصل اول

کلیات

قاب‌های مهاربندی همگرا یکی از معمولی‌ترین سازه‌های مقاوم در برابر بارهای جانبی می‌باشند. نیروهای ایجاد شده در مهاربندها معمولاً به وسیله ورق‌های اتصال به اعضای اصلی قاب (تیر وستون) انتقال می‌یابند. انتقال درست و صحیح این نیروها از مهاربند به ورق اتصال و از ورق اتصال به اعضای اصلی قاب بستگی به شرایط مرزی بین کلیه اعضای مرتبط باهم دارد. به دلیل رفتار پیچیده ورق‌های اتصال، در طراحی‌ها از ضریب اطمینان بالایی استفاده می‌شود. به طور معمول ورق‌های اتصال عملکرد رضایت بخشی طی زلزله‌های گذشته از خود نشان داده‌اند؛ هرچند تعداد اندکی منجر به گسیختگی اتصالات ورق اتصال شده ولی همین تعداد محدود گسیختگی نیز باعث ایجاد خسارات قابل توجهی در سازه می‌شود. انواع گسیختگی‌های این نوع اتصال شامل گسیختگی در اتصالات جوشی، کمانش ورق اتصال، گسیختگی بلوک برشی در اتصال یا گسیختگی اعضای مهاربندی مشاهده می‌شود. مشاهدات نشان می‌دهد که بیشتر این گسیختگی‌ها به دلیل ترد بودن یا کمبود شکل پذیری در اتصالات ورق‌های اتصال در بارگذاری‌های چرخه‌ای می‌باشد [۱]. از آنجایی که اتصالات ورق اتصال یکی از بحرانی‌ترین اعضای قاب‌های مهاربندی می‌باشند، ناتوانی این اتصالات می‌تواند تاثیر قابل توجهی در کاهش مقاومت، پایداری و سختی قاب‌های مهاربندی داشته باشد.

در مورد رفتار ورق‌های اتصال تحقیقات اندکی انجام شده که در آنها به بررسی رفتار ورق‌های اتصال تحت بارگذاری یکنواخت کششی، فشاری و چرخه‌ای صورت گرفته است. در این تحقیقات ظرفیت باربری و نحوه بهبود بخشی رفتار لرزه‌ای ورق‌های اتصال مورد

بررسی قرار گرفته و اندک تحقیقاتی نیز به بررسی اثر شرایط مرزی بر روی ظرفیت باربری و رفتار لرزه‌ای ورق‌های اتصال پرداخته شده است .

تحقیقات اولیه در خصوص رفتار ورق‌های اتصال تحت بارگذاری یکنواخت در محدوده الاستیک به وسیله ویتمور در سال ۱۹۵۲ انجام یافته است [۲]. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که در یک مقطع بحرانی از ورق اتصال (عرض موثر ویتمور) توزیع تنش نرمال بصورت یکنواخت می‌باشد. طی تحقیقاتی دیگر؛ ایروان (۱۹۵۷) [۳]، هاردین (۱۹۵۸) [۴] به طور مفصل موضوع عرض موثر ویتمور را بررسی و صحت آنرا تایید نمودند. آستانه اصل و همکارانش در سال (۱۹۸۱) [۵] مطالعاتی بر روی رفتار چرخه‌ای ورق‌های اتصال انجام دادند که فاز تحقیقات آنها بررسی رفتار مهاربندی بود است. نتایج آزمایشات آنها نشان داد که برای جلوگیری از کاهش ظرفیت ورق‌های اتصال، طول آزاد کمانش ورق اتصال نباید کمتر از دو برابر ضخامت ورق اتصال باشد. چنگ و همکارانش در سال (۲۰۰۱) [۶] آزمایشاتی بر روی مقاومت فشاری ورق‌های اتصال انجام دادند. این آزمایشات شامل هندسه ورق اتصال، ضخامت و زاویه مهاربند بود. نتایج بدست آمده نشان داد که تسلیم شدگی ورق اتصال قابل توجهی در افزایش ظرفیت باربری دارد. چنگ و همکارانش در سال (۲۰۰۲) [۷] مطالعات پارامتری بر روی رفتار فشاری و مقاومت غیرالاستیک ورق‌های اتصال انجام دادند. نتایج تحقیقات آنها نشان می‌دهد که برای افزایش ظرفیت مقاومت کمانشی ورق‌های اتصال که تاثیر زیادی در جذب انرژی دارند می‌توان از سخت کننده‌های لبه‌ای و خط میانی استفاده کرد. آنها همچنین پیشنهاداتی برای ابعاد ورق اتصال ارائه کردند. استروس در سال (۲۰۱۰) [۸] در یک بررسی پارامتری به تاثیر تنش‌های ایجاد شده در ورق اتصال در اثر جابجایی قاب که در طراحی ها مورد ملاحظه قرار نمی‌گیرد پرداخت . نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که شرایط مرزی اعم از هندسه ورق اتصال، سختی اعضای قاب و زاویه مهاربندی تاثیر بسزایی در افزایش و یا کاهش ظرفیت باربری ورق‌های اتصال دارد

۱-۲- ضرورت انجام پژوهش

به دلیل قرار داشتن بخش وسیعی از ایران بر روی خط زلزله، مباحث مقاوم سازی لرزه‌ای و طراحی سازه‌هایی که بتوانند مقاومت و رفتار قابل قبولی از خود نشان دهند از اهمیت فراوانی برخوردار هستند. از این رو سیر استفاده از سیستم‌های مهاربندی جانبی که یکی از رایج‌ترین آنها قاب‌های مهاربندی همگرا می‌باشد رو به افزایش است. از این رو بایستی به شکل پذیری و قابلیت اتلاف انرژی این نوع سیستم‌های مهاربندی توجه خاصی شود. یکی از مهمترین قسمت‌های قاب‌های مهاربندی همگرا اتصالات آن می‌باشد که تاثیر بسزایی در رفتار مهاربندی دارد. در اکثر کارهای تحقیقات قبلی صرفاً" به مطالعه اثر ابعاد هندسی وزاویه تمایل مهاربندی بر روی رفتار ورق های اتصال پرداخته شده است . در این تحقیق سعی می‌گردد اثر شرایط مرزی و ابعاد هندسی ورق اتصال و بررسی جزئیات اتصالات قاب‌های مهاربندی بر روی رفتار لرزه‌ای آنها بررسی گردد .

۱-۳- اهداف پژوهش

اهداف اصلی این پایان‌نامه شامل دو بخش می‌باشد. در بخش اول برای درک مناسبی از رفتار بین اعضای مهاربندی و ورق اتصال مطالعات پارامتری صورت گرفته است که پارامترهای مورد بررسی شامل هندسه ورق اتصال و ضخامت و شرایط مرزی ورق اتصال می‌باشد. در بخش دوم به بررسی میزان تاثیر استفاده از جزئیات وصله تیر پیشنهادی آیین نامه AISC2010 [۹] در مجاورت ورق‌های اتصال در کاهش تنش‌های ایجاد شده در ورق اتصال پرداخته می‌شود. برای این منظور کلیه‌ی مدل‌سازی‌ها با استفاده از روش المان محدود و به کمک نرم افزار ABAQUS انجام خواهد شد. به این ترتیب که ابتدا مدل ساخته شده با استفاده از داده‌های یک یا چند آزمایش موجود در مراجع اعتبارسنجی شده و پس از آن به بررسی اثر شرایط مرزی و ابعاد هندسه ورق اتصال بر روی رفتار لرزه‌ای ورق‌های اتصال پرداخته خواهد شد.

۱-۴- ساختار پژوهش

فصل اول شامل مقدمه‌ای در مورد کلیات موضوع پایان‌نامه، ضرورت و اهداف پژوهش می‌باشد. در فصل دوم به معرفی قاب‌های مهاربندی همگرا و ویژگی‌های این نوع از سیستم‌های مقاوم در برابر نیروهای جانبی اشاره شده است. بعد از آن مروری بر تحقیقات آزمایشگاهی و تحلیلی انجام شده و نتایج آنها ذکر می‌شود. در فصل سوم خلاصه‌ای از نحوه مدل‌سازی در نرم افزار ABAQUS شرح داده شده و بعد از مدل‌سازی جزئیات ورق اتصال و قاب‌های مهاربندی همگرا، به اعتبار سنجی مدل‌های المان محدود ساخته شده با استفاده از نتایج مدل‌های آزمایشگاهی موجود پرداخته می‌شود.

در فصل چهارم به بررسی اثر هندسه و شرایط مرزی بر روی رفتار لرزه‌ای ورق‌های اتصال پرداخته شده است. در بررسی پارامترهای ذکر شده از مدل‌های اعتبار سنجی شده ورق اتصال استفاده شده است. در فصل پنجم به بررسی جزئیات اتصالات قاب‌های مهاربندی همگرا در رفتار لرزه‌ای ورق‌های اتصال پرداخته شده است. در این فصل همچنین به بررسی تاثیر وصله تیر پیشنهادی آیین نامه AISC2010 [۹] در ایجاد شکل‌پذیری و بهبود رفتار ورق‌های اتصال و ایجاد رفتار خرابایی در قاب‌های مهاربندی شده پرداخته شده است. در فصل ششم به طور خلاصه به بیان نتایج پژوهش پرداخته شده و در انتها پیشنهاداتی برای ادامه تحقیقات ارائه شده است.

فصل دوم

مروری بر تحقیقات گذشته

۲-۱- مقدمه

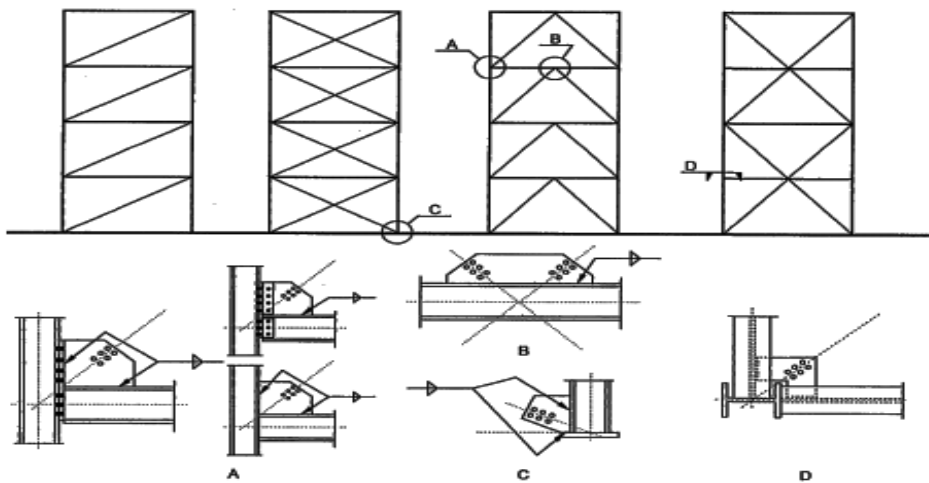
سیستم‌های مقاوم در برابر نیروهای جانبی در سازه‌های فولادی شامل قاب‌های مهاربندی همگرا^۱، قاب‌های مهاربندی واگرا^۲، قاب‌های خمشی فولادی^۳ و دیواربرشی فولادی^۴ می‌باشد. یکی از رایج‌ترین سیستم‌های جانبی مقاوم در برابر زلزله قاب‌های مهاربندی جانبی هستند. استفاده از قاب‌های مهاربندی شده به اوایل قرن بیستم میلادی برمی‌گردد. در اوایل قاب‌های مهاربندی برای تحمل نیروهای ناشی از باد مورد استفاده قرار می‌گرفت و پس از آن برای نیروهای جانبی ناشی از زلزله توسعه یافت. از ویژگی‌های مهم قاب‌های مهاربندی سختی قابلت وجه آنها در مقایسه با قاب‌های خمشی است. توسعه و گسترش سیستم‌های مهاربندی جانبی و جزئیات بندی مناسب آنها که از سال ۱۹۶۰ میلادی آغاز شده و تا کنون نیز تحقیقات در مورد آنها ادامه دارد این امکان را فراهم کرد که دستیابی به یک سیستم باسختی و شکل‌پذیری مناسب میسر گردد. در زلزله سال ۱۹۷۰ سانفرنادو عملکرد ضایت‌بخش این سیستم باربری جانبی مورد توجه قرار گرفت [۹]. همان گونه که در ابتدای نوشتار این فصل بدان اشاره شد دو نوع سیستم قاب مهاربندی جانبی موسوم به قاب‌های مهاربندی همگرا و قاب‌های مهاربندی واگرا مورد توجه محققان و طراحان لرزه‌ای سازه‌های فولادی می‌باشد. هر کدام از این دو سیستم باربری جانبی لرزه‌ای به گونه‌ای متفاوت موجب اتلاف انرژی القایی ناشی از زلزله می‌گردند. در قاب‌های

-
1. Concentrically Braced Frames (CBF)
 2. Eccentrically Braced Frames (EBF)
 3. Moment-Resisting Frames
 4. Steel Plate Shear Walls

مهاربندی همگرا اتلا فانرژی توسط مهاربندها و در قاب‌های مهاربندی واگرا اتلاف انرژی توسط رفتار شکل پذیر تیر پیوند^۵ انجام می‌گیرد. در این فصل ابتدا به معرفی قاب‌های مهاربندی شده و ویژگی‌های آن و بررسی رفتار لرزه‌ای ورق‌های اتصال^۶ پرداخته و در ادامه مروری بر نتایج آزمایشگاهی و تحلیلی انجام شده تا زمان حال صورت خواهد گرفت.

۲-۲- معرفی قاب‌های مهاربندی همگرا و ویژگی‌های آنها

در شکل ۱-۲ نمونه‌های از قاب‌های مهاربندی همگرا که در طراحی لرزه‌ای سازه‌های فولادی متداول است نشان داده شده است. وجه مشترک تمامی قاب‌های مهاربندی شده همگرا در شکل ۱-۲ در این است که محور طولی مهاربندی از محل تقاطع محوره‌های طولی تیر و یا تیر و ستون می‌گذرند. به بیان دیگر کلیه مهاربندها روی گره‌هایی در تیر یا ستون همگرا هستند.



شکل ۱-۲ نمونه‌های از قاب‌های مهاربندی همگرا [۷]

در قاب‌های مهاربندی همگرا اتلاف انرژی در اثر نیروهای القایی زلزله، توسط کشیدگی و کاهش طول مهاربندی در اثر نیروهای رفت و برگشتی محوری حاصل می‌شود. به بیان دیگر

-
- 5. Beam Link
 - 6. Gusset plates