بسم الله الرحمن الرحيم

# دانشکده مهندسی عمران

**پایان نامه کارشناسی ارشد**

**مهندسی عمران - سازه**

## موضوع:

**بررسی آزمایشگاهی و عددی شکل پذیری حلقه ساخته شده از ورق فولادی**

**در مهاربندهای هم محور**

**توسط:**

**زهرا عندلیب**

**استاد راهنما:**

**دکتر محمد علی کافی**

**استاد مشاور:**

**دکتر علی خیرالدین**

**شهریور ماه ۱۳۹۰**

بنام خدا

دانشگاه سمنان
دانشکده مهندسی

صورتجلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

پایان نامه خانم **زهرا عندلیب** برای اخذ کارشناسی ارشد مهندسی **عمران ـ سازه**

تحت عنوان : **بررسی آزمایشگاهی و عددی شکل پذیری حلقه ساخته شده از ورق فولادی در مهاربندهای هم محور**

۲۰

در جلسه مورخ **۹۰/۷/۲۵** بررسی و با نمره ..... مورد تایید قرار گرفت .

هیئت داوران :

استاد راهنما: **دکتر کافی** امضاء :

استاد مشاور: **دکتر خیرالدین** امضاء :

استاد داور : **دکتر قلهکی** امضاء :

استاد داور : **دکتر شربتدار** امضاء :

مسئول تحصیلات تکمیلی : ..... امضاء .....

# اصالت پایان نامه

اینجانب **زهرا عندلیب** متعهد می شوم که محتوای علمی این نوشتار با عنوان **بررسی آزمایشگاهی و عددی شکل پذیری حلقه ساخته شده از ورق فولادی در مهاربند های هم محور** که به عنوان **پایان نامه کارشناسی ارشد** رشته **عمران** گرایش **سازه** به **دانشکده مهندسی عمران** دانشگاه سمنان ارائه شده، دارای اصالت پژوهشی بوده و حاصل فعالیت های علمی اینجانب می باشد.

در صورتی که خلاف ادعای فوق در هر زمانی محرز شود، کلیه حقوق معنوی متعلق به این پایان نامه از اینجانب سلب شده و موارد قانونی مترتب به آن نیز از طرف مراجع ذیربط قابل پیگیری است.

نام و نام خانوادگی: **زهرا عندلیب**

شماره دانشجویی: **۸۷۱۱۱۴۹۰۰۶**

امضاء

**چکیده:**

در دو دهه گذشته، مطالعه و بررسی افزایش شکل پذیری مهاربندهای هم محور از اهمیت خاصی برخوردار شده است و در این راستا دستاوردهای ارزشمندی نیز به دست آمده است . یکی از این روش ها استفاده از اعضای مستهلک کننده انرژی در سازه ها می باشد. عضو مستهلک کننده قسمت قابل توجهی از انرژی ورودی به سازه را با ورود به مرحله غیر خطی و تشکیل مفاصل خمیری خمشی، مستهلک کرده و به این صورت از ورود دیگر اعضای سازه به مرحله غیر خطی و همچنین کمانش اعضای مهاربندی جلو گیری کرده و یا آن را به تعویق می اندازد. استفاده از حلقه ی فولادی در نقطه ی اتصال مهاربند به صفحه اتصال گوشه از جمله مطالعات نوینی است که به صورت آزمایشگاهی و تحلیلی توسط محققین گذشته صورت گرفته است. نتایج این مطالعه ضمن نشان دادن افزایش شکل پذیری مهاربند، بیانگر نصب ساده و ارزان حلقه فولادی در انتهای مهاربند می باشد. یکی از محدودیت های این ایده، عدم امکان تهیه حلقه ی فولادی در اندازه ها و ابعاد متناسب و مورد نیاز است. در این پایان نامه به بررسی میزان شکل پذیری و جذب انرژی حلقه فولادی ساخته شده از دو نیم حلقه با استفاده از ورق های فولادی موجود با شرایط اتصال مختلف پرداخته شده است.

در این پایان نامه با استفاده از نرم افزارANSYS تحت بار چرخه ای با استفاده از مصالح مختلف CT20 وST37 و همچنین با اتصالات مختلف پیچی و جوشی مدل ها آنالیز شدند. جهت کالیبره نمودن مدل سازی های صورت گرفته ابتدا مدلی عددی از نمونه ی آزمایشگاهی حلقه شکل پذیر ساخته شد. نتایج بدست آمده از آن با نتایج حاصله از بررسی های آزمایشگاهی صورت گرفته توسط کافی و همکاران مقایسه گردید. سپس با ساختن سه مدل پیچی،جوشی با استفاده از فولاد CT20 نوع اتصال مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه تاثیرضخامت و نوع فولاد بر عملکرد حلقه شکل پذیر نیز مورد مطالعه قرار گرفت. پس از انجام این مطالعات عددی پنج نمونه آزمایشگاهی با اتصالات مختلف جوشی و پیچی با استفاده از دو نیم حلقه با ضخامت ۱۲ میلی مترو فولاد ST37 تحت بارگذاری چرخه ای مورد آزمایش قرار گرفت. نمونه ها در آزمایشگاه سازه دانشگاه سمنان مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج این مطالعات نشان دهنده ی عملکرد خوب حلقه شکل پذیر به عنوان عضو مستهلک کننده و جاذب انرژی می باشد و امکان استفاده از ورق های فولادی را برای ساخت آن، تایید می سازد. این بررسی نشان می دهد اتصال نیم حلقه ها به ورق های فولادی با استفاده از جوش و پیچ امکان پذیر است و نتایج نشان دهنده ی عملکرد مناسب تر نوع جوشی است.

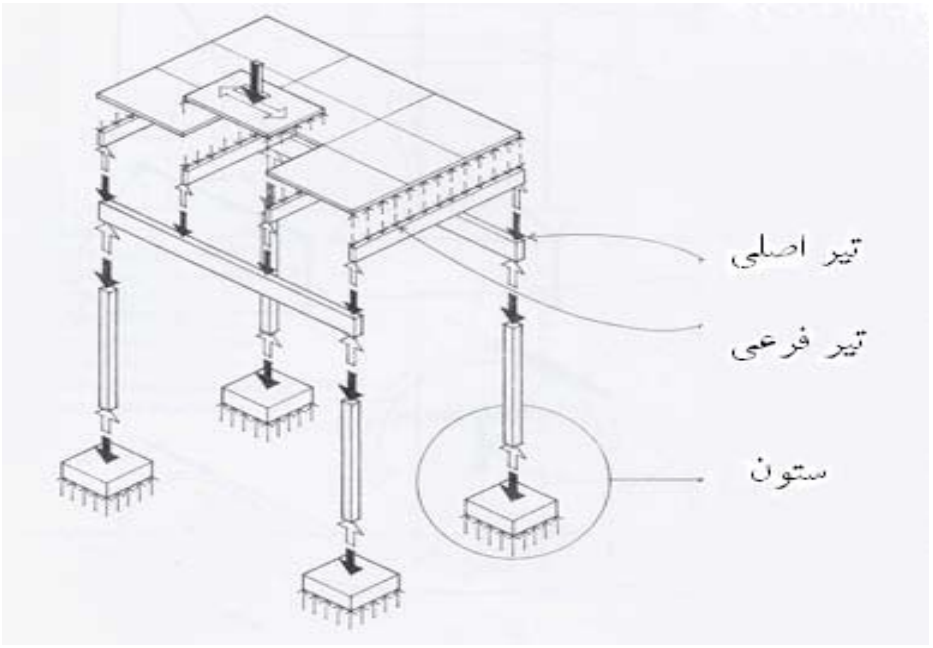
**کلمات کلیدی :** شکل پذیری، جذب انرژی، ،حلقه شکل پذیر، مهاربند

# فصل اول

## کلیات

## ۱-۱- مقدمه

زمین لرزه پدیده ای است که باعث می شود در مدت زمان کوتاهی انرژی زیادی در زمین رها شود. انرژی رها شده باعث ایجاد تکان های شدید در پوسته زمین می گردد. زلزله های مختلف آسیب های کم یا زیادی بر حسب مقاومت و پایداری سازه ها در برابر زلزله به سازه ها وارد می سازد، لذا پایدار و مقاوم بودن سازه ها در برابر زلزله برای جلوگیری از تخریب های کلی و یا جزیی سازه ها و همچنین از دست رفتن سرمایه های مالی و جانی افراد از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. در شکل(۱-۱) مسیر بار در سازه های بدون سیستم مقاوم جانبی و تحت بار ثقلی نمایش داده شده است.




**شکل (۱-۱): مسیر بار در سازه های بدون سیستم مقاوم جانبی وتحت بار ثقلی** [۱]

روش های مختلفی جهت پایدار کردن سازه های فلزی و بتنی در برابر نیروهای جانبی باد و زلزله وجود دارد که یکی از متداول ترین این روش ها استفاده از مهاربندهای همگرا است. مهاربندهای همگرا به دلایل مختلف از قبیل سختی زیاد، سادگی اجرا و ارزان بودن، همواره در مرکز توجه طراحان سازه ها قرار داشته و دارد. تجربه زلزله های اخیر بیانگر ضعف عمده کمانشی این نوع مهاربندها در برابر نیروهای جانبی زلزله می باشد. مهاربندهای همگرا به علت

عدم قابلیت پذیرش تغییر شکل های زیاد در فشار بر اثر نیروهای فشاری وارده تا حد توان مقاومت کرده و ناگهان کمانه می کنند که بر اثر کمانش توان خود را در جذب بالای انرژی از طریق ورود مصالح به ناحیه پلاستیک از دست می دهند. کمانش مهاربند باعث از بین رفتن کارایی آن در مقابله با نیروهای وارده به خصوص پس لرزه ها شده است. سازه مهاربند شده ای که مهاربند آن کمانه کرده، سپر دفاعی در برابر نیروهای لرزه ای وارده، نداشته و با وارد شدن کوچکترین نیرویی دچار آسیب و یا تخریب کامل می شود.

مطابق آیین نامه ی ۲۸۰۰ ایران [۲]، استفاده از مهاربند های هم محور در ساختمان های تا ارتفاع ۵۰ متر، در قاب های با اتصالات مفصلی و برای ساختمان های بلندتر در قاب های با اتصالات گیردار مجاز شناخته شده است. سهولت اجرا و هزینه ی پایین اتصالات مفصلی در مقایسه با اتصالات گیردار قاب های خمشی، موجب استفاده ی روز افزون از مهاربندهای هم محور به عنوان عناصر مقاوم در برابر زلزله شده است. پایین بودن میزان مصرف فولاد در هر متر مربع این سازه ها در مقایسه با سازه های خمشی از دیگر مزیت آن ها است. بعلاوه اغلب جوشکاری هایی که در محل و بعد از برپا کردن سازه انجام می شود از کیفیت مطلوبی برخوردار نیست. این نارسایی اجرایی و حساسیت زیاد قاب های خمشی به میزان و کیفیت جوش، دلیل دیگری برای ترجیح سازه های با مهاربند هم محور به سازه های قاب خمشی است.

در کنار محاسن و برتری های سازه های با مهاربند هم محور، باید به شکل پذیری کم آن ها در مقایسه با سازه های قاب خمشی، به عنوان نقطه ضعف اصلی توجه نمود. سازه های با مهاربند هم محور، به دلیل محدود شدن خسارت سازه ای آن ها به اعضا و اتصالات مهاربند ها، در مقایسه با سازه های خمشی از سرعت بازسازی بالا و هزینه پایینی برخوردارند.

علی رغم محاسن زیاد سازه های با مهار بند هم محور، شکل پذیری کم آن ها موجب شده است که استفاده از آن ها محدود باشد. بدیهی است، هر گونه اصلاحی که منجر به شکل پذیری اینگونه سازه ها گردد، امکان بهره مندی از ویژگی های مثبت آن ها را فراهم خواهد نمود. در دو دهه ی گذشته تحقیقات و پژوهش های گسترده ای به منظور افزایش شکل پذیری مهاربند های هم محور انجام شده است. در هر یک از این تحقیقات کوشش شده

است، که با اصلاح اتصالات و یا تعبیه ی عضو شکل پذیر در مهاربند های هم محور شکل پذیری آن ها افزایش یابد. به اختصار پژوهش های صورت گرفته در این زمینه را می توان به سه دسته زیر تقسیم نمود:

الف- استفاده از اتصالات اصطکاکی در اتصالات مهاربند های مختلف محوری [۱۰~۳].

ب- استفاده از غلاف (ژاکت) پوششی به منظور افزایش بار کمانش مهاربند [۱۴~۱۱].

ج- استفاده از عضو شکل پذیر خمشی یا برشی در محلی از مهاربند [۲۰~۱۵].

- فیوزها عضو های قابل تعویضی هستند که در قسمتی از مهاربند تعبیه می شوند و انرژی های وارد به سازه را جذب و مستهلک می سازند. این عضو ها در زمان زلزله با جذب نیروهای وارده دچار تغییر شکل می شوند که در بیشتر مواقع تغییر شکل ها باعث ورود مصالح عضو از ناحیه الاستیک به ناحیه پلاستیک می شود و پس از پایان زلزله تغییر شکل های ماندگار در این عضو ها وجود خواهد داشت که تعویض این عضو ها امری ضروری می باشد. فیوزها، به شکل های مختلف با عملکرد های مقاومت خمشی، برشی و یا پیچشی ساخته می شوند، البته بیشتر تحقیقات انجام شده در این زمینه بر روی عملکرد خمشی استوار بوده است

## ۱-۲- موضوع تحقیق

همانگونه که در مقدمه به آن اشاره شد نقطه ضعف مهاربند های هم مرکز پایین بودن میزان شکل پذیری آن ها است. این نقطه ضعف متأثر از تفاوت رفتار کششی و فشاری آن ها ناشی می گردد. مهاربند فشاری قبل از رسیدن به رفتار غیر الاستیک و جذب انرژی زلزله کمانه می کند و در نتیجه شکل پذیری سازه تأمین نمی شود.

در این پایان نامه، به منظور افزایش مقاومت و شکل پذیری مهاربندها به بررسی حلقه فولادی ساخته شده از ورق با مصالح موجود در بازار پرداخته می شود.

## ۱-۳- ضرورت و اهداف تحقیق

در ساخت بسیاری از ساختمان های کشور ما، استفاده از سازه های مهاربندی شده با مهاربندهای هم محور رایج است. از جمله دلایل رواج استفاده از این نوع سازه ها، سادگی و

سهولت اجرا، امکان بازسازی و تعمیر کم هزینه آن ها بعد از زلزله است. از طرف دیگر، شکل پذیری کم آن ها موجب عملکرد نامناسب آن ها در زلزله و محدودیت کاربرد آن ها شده است. بنابراین افزایش شکل پذیری آن ها گام بسیار مناسبی در جهت بهبود عملکرد آن ها و در نتیجه استفاده از محاسن ارزشمند آن ها خواهد بود.

هدف از این پایان نامه، افزایش شکل پذیری انواع مهاربندها با استفاده از حلقه فولادی می باشد. حلقه فولادی مورد استفاده در این پایان نامه از ورق و با مصالح موجود در بازار ساخته شده است.این عضو متاثر از نیروی محوری مهاربند تحت خمش قرار گرفته و با تغییر شکل از حالت دایروی به بیضی ضمن جذب انرژی و افزایش شکل پذیری مهاربند به عنوان فیوز کنترل کمانش عمل می کند.

## ۱-۴- روش تحقیق

روش تحقیق برای رسیدن به هدف مورد نظردر مطالعات انجام شده به دو روش عددی ( تئوریک ) وآزمایشگاهی است.

## ۱-۵- ساختار پایان نامه

مطالعات این پایان نامه در ۵ فصل تنظیم شده است.

۱-کلیات: شامل مقدمه و ضرورت و اهداف تحقیق می باشد.

تاریخچه تحقیقات: این فصل شامل مروری بر تحقیقات و مطالعات انجام شده توسط محققین پیشین می باشد .

مطالعات آزمایشگاهی: این فصل شامل بررسی نتایج حلقه ی فولادی ساخته شده با ورق با استفاده از پیچ یا جوش می باشد.این مطالعات در آزمایشگاه سازه دانشگاه سمنان صورت گرفته است.

مطالعات عددی: شامل بررسی مختصر نرم افزار مورد استفاده ANSYS می باشد. در ادامه با انجام کالیبراسیون با داده های آزمایشگاهی موجود و اثبات صحت مدلسازی به مطالعه حلقه ساخته شده از ورق با فولاد ST37 و CT20 و نوع اتصال پیچی و جوشی پرداخته می شود.

نتیجه گیری: این فصل به نتیجه گیری و مقایسه ی بین مدل ها ی عددی و آزمایشگاهی همچنین به بررسی تاثیر ضخامت و نوع فولاد بر شکل پذیری حلقه می پردازد و در انتها چندین پیشنهاد برای بررسی بیشتر ارائه می شود.

# فصل دوم

## ۱-۱- مقدمه

زمین لرزه پدیده ای است که باعث می شود در مدت زمان کوتاهی انرژی زیادی در زمین رها شود. انرژی رها شده باعث ایجاد تکان های شدید در پوسته زمین می گردد. زلزله های مختلف آسیب های کم یا زیادی بر حسب مقاومت و پایداری سازه ها در برابر زلزله به سازه ها وارد می سازد، لذا پایدار و مقاوم بودن سازه ها در برابر زلزله برای جلوگیری از تخریب های کلی و یا جزیی سازه ها و همچنین از دست رفتن سرمایه های مالی و جانی افراد از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. در شکل(۱-۱) مسیر بار در سازه های بدون سیستم مقاوم جانبی و تحت بار ثقلی نمایش داده شده است.

**شکل (۱-۱): مسیر بار در سازه های بدون سیستم مقاوم جانبی وتحت بار ثقلی** [۱]

روش های مختلفی جهت پایدار کردن سازه های فلزی و بتنی در برابر نیروهای جانبی باد و زلزله وجود دارد که یکی از متداول ترین این روش ها استفاده از مهاربندهای همگرا است. مهاربندهای همگرا به دلایل مختلف از قبیل سختی زیاد، سادگی اجرا و ارزان بودن، همواره در مرکز توجه طراحان سازه ها قرار داشته و دارد. تجربه زلزله های اخیر بیانگر ضعف عمده کمانشی این نوع مهاربندها در برابر نیروهای جانبی زلزله می باشد. مهاربندهای همگرا به علت عدم قابلیت پذیرش تغییر شکل های زیاد در فشار بر اثر نیروهای فشاری وارده تا حد توان مقاومت کرده و ناگهان کمانه می کنند که بر اثر کمانش توان خود را در جذب بالای انرژی از طریق ورود مصالح به ناحیه پلاستیک از دست می دهند. کمانش مهاربند باعث از بین رفتن کارایی آن در مقابله با نیروهای وارده به خصوص پس لرزه ها شده است. سازه مهاربند شده ای که مهاربند آن کمانه کرده، سپر دفاعی در برابر نیروهای لرزه ای وارده، نداشته و با وارد شدن کوچکترین نیرویی دچار آسیب و یا تخریب کامل می شود.

مطابق آیین نامه ی ۲۸۰۰ ایران [۲]، استفاده از مهاربند های هم محور در ساختمان های تا ارتفاع ۵۰ متر، در قاب های با اتصالات مفصلی و برای ساختمان های بلندتر در قاب های با

اتصالات گیردار مجاز شناخته شده است. سهولت اجرا و هزینه ی پایین اتصالات مفصلی در مقایسه با اتصالات گیردار قاب های خمشی، موجب استفاده ی روز افزون از مهاربندهای هم محور به عنوان عناصر مقاوم در برابر زلزله شده است. پایین بودن میزان مصرف فولاد در هر متر مربع این سازه ها در مقایسه با سازه های خمشی از دیگر مزیت آن ها است. بعلاوه اغلب جوشکاری هایی که در محل و بعد از برپا کردن سازه انجام می شود از کیفیت مطلوبی برخوردار نیست. این نارسایی اجرایی و حساسیت زیاد قاب های خمشی به میزان و کیفیت جوش، دلیل دیگری برای ترجیح سازه های با مهاربند هم محور به سازه های قاب خمشی است.

در کنار محاسن و برتری های سازه های با مهاربند هم محور، باید به شکل پذیری کم آن ها در مقایسه با سازه های قاب خمشی، به عنوان نقطه ضعف اصلی توجه نمود. سازه های با مهاربند هم محور، به دلیل محدود شدن خسارت سازه ای آن ها به اعضا و اتصالات مهاربند ها، در مقایسه با سازه های خمشی از سرعت بازسازی بالا و هزینه پایینی برخوردارند.

علی رغم محاسن زیاد سازه های با مهار بند هم محور، شکل پذیری کم آن ها موجب شده است که استفاده از آن ها محدود باشد. بدیهی است، هر گونه اصلاحی که منجر به شکل پذیری اینگونه سازه ها گردد، امکان بهره مندی از ویژگی های مثبت آن ها را فراهم خواهد نمود. در دو دهه ی گذشته تحقیقات و پژوهش های گسترده ای به منظور افزایش شکل پذیری مهاربند های هم محور انجام شده است. در هر یک از این تحقیقات کوشش شده است، که با اصلاح اتصالات و یا تعبیه ی عضو شکل پذیر در مهاربند های هم محور شکل پذیری آن ها افزایش یابد. به اختصار پژوهش های صورت گرفته در این زمینه را می توان به سه دسته زیر تقسیم نمود:

الف- استفاده از اتصالات اصطکاکی در اتصالات مهاربند های مختلف محوری [۱۰~۳].

ب- استفاده از غلاف (ژاکت) پوششی به منظور افزایش بار کمانش مهاربند [۱۴~۱۱].

ج- استفاده از عضو شکل پذیر خمشی یا برشی در محلی از مهاربند [۲۰~۱۵].

- فیوزها عضو های قابل تعویضی هستند که در قسمتی از مهاربند تعبیه می شوند و انرژی های وارد به سازه را جذب و مستهلک می سازند. این عضو ها در زمان زلزله با جذب نیروهای

وارده دچار تغییر شکل می شوند که در بیشتر مواقع تغییر شکل ها باعث ورود مصالح عضو از ناحیه الاستیک به ناحیه پلاستیک می شود و پس از پایان زلزله تغییر شکل های ماندگار در این عضو ها وجود خواهد داشت که تعویض این عضو ها امری ضروری می باشد. فیوزها، به شکل های مختلف با عملکرد های مقاومت خمشی، برشی و یا پیچشی ساخته می شوند، البته بیشتر تحقیقات انجام شده در این زمینه بر روی عملکرد خمشی استوار بوده است

## ۱-۲- موضوع تحقیق

همانگونه که در مقدمه به آن اشاره شد نقطه ضعف مهاربند های هم مرکز پایین بودن میزان شکل پذیری آن ها است. این نقطه ضعف متأثر از تفاوت رفتار کششی و فشاری آن ها ناشی می گردد. مهاربند فشاری قبل از رسیدن به رفتار غیر الاستیک و جذب انرژی زلزله کمانه می کند و در نتیجه شکل پذیری سازه تأمین نمی شود.

در این پایان نامه، به منظور افزایش مقاومت و شکل پذیری مهاربندها به بررسی حلقه فولادی ساخته شده از ورق با مصالح موجود در بازار پرداخته می شود.

## ۱-۳- ضرورت و اهداف تحقیق

در ساخت بسیاری از ساختمان های کشور ما، استفاده از سازه های مهاربندی شده با مهاربندهای هم محور رایج است. از جمله دلایل رواج استفاده از این نوع سازه ها، سادگی و سهولت اجرا، امکان بازسازی و تعمیر کم هزینه آن ها بعد از زلزله است. از طرف دیگر، شکل پذیری کم آن ها موجب عملکرد نامناسب آن ها در زلزله و محدودیت کاربرد آن ها شده است. بنابراین افزایش شکل پذیری آن ها گام بسیار مناسبی در جهت بهبود عملکرد آن ها و در نتیجه استفاده از محاسن ارزشمند آن ها خواهد بود.

هدف از این پایان نامه، افزایش شکل پذیری انواع مهاربندها با استفاده از حلقه فولادی می باشد. حلقه فولادی مورد استفاده در این پایان نامه از ورق و با مصالح موجود در بازار ساخته شده است.این عضو متاثر از نیروی محوری مهاربند تحت خمش قرار گرفته و با تغییر شکل از

حالت دایروی به بیضی ضمن جذب انرژی و افزایش شکل پذیری مهاربند به عنوان فیوز کنترل کمانش عمل می کند.

## ۱-۴- روش تحقیق

روش تحقیق برای رسیدن به هدف مورد نظردر مطالعات انجام شده به دو روش عددی ( تئوریک ) وآزمایشگاهی است.

## ۱-۵- ساختار پایان نامه

مطالعات این پایان نامه در ۵ فصل تنظیم شده است.

۱-کلیات: شامل مقدمه و ضرورت و اهداف تحقیق می باشد.

تاریخچه تحقیقات: این فصل شامل مروری بر تحقیقات و مطالعات انجام شده توسط محققین پیشین می باشد .

مطالعات آزمایشگاهی: این فصل شامل بررسی نتایج حلقه ی فولادی ساخته شده با ورق با استفاده از پیچ یا جوش می باشد.این مطالعات در آزمایشگاه سازه دانشگاه سمنان صورت گرفته است.

مطالعات عددی: شامل بررسی مختصر نرم افزار مورد استفاده ANSYS می باشد. در ادامه با انجام کالیبراسیون با داده های آزمایشگاهی موجود و اثبات صحت مدلسازی به مطالعه حلقه ساخته شده از ورق با فولاد ST37 و CT20 و نوع اتصال پیچی و جوشی پرداخته می شود.

نتیجه گیری: این فصل به نتیجه گیری و مقایسه ی بین مدل ها ی عددی و آزمایشگاهی همچنین به بررسی تاثیر ضخامت و نوع فولاد بر شکل پذیری حلقه می پردازد و در انتها چندین پیشنهاد برای بررسی بیشتر ارائه می شود.

زمین لرزه پدیده ای است که باعث می شود در مدت زمان کوتاهی انرژی زیادی در زمین رها شود. انرژی رها شده باعث ایجاد تکان های شدید در پوسته زمین می گردد. زلزله های مختلف آسیب های کم یا زیادی بر حسب مقاومت و پایداری سازه ها در برابر زلزله به سازه ها وارد می سازد، لذا پایدار و مقاوم بودن سازه ها در برابر زلزله برای جلوگیری از تخریب های کلی و یا جزیی سازه ها و همچنین از دست رفتن سرمایه های مالی و جانی افراد از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. در شکل(۱-۱) مسیر بار در سازه های بدون سیستم مقاوم جانبی و تحت بار ثقلی نمایش داده شده است.

روش های مختلفی جهت پایدار کردن سازه های فلزی و بتنی در برابر نیروهای جانبی باد و زلزله وجود دارد که یکی از متداول ترین این روش ها استفاده از مهاربندهای همگرا است. مهاربندهای همگرا به دلایل مختلف از قبیل سختی زیاد، سادگی اجرا و ارزان بودن، همواره در مرکز توجه طراحان سازه ها قرار داشته و دارد. تجربه زلزله های اخیر بیانگر ضعف عمده کمانشی این نوع مهاربندها در برابر نیروهای جانبی زلزله می باشد. مهاربندهای همگرا به علت عدم قابلیت پذیرش تغییر شکل های زیاد در فشار بر اثر نیروهای فشاری وارده تا حد توان مقاومت کرده و ناگهان کمانه می کنند که بر اثر کمانش توان خود را در جذب بالای انرژی از طریق ورود مصالح به ناحیه پلاستیک از دست می دهند. کمانش مهاربند باعث از بین رفتن کارایی آن در مقابله با نیروهای وارده به خصوص پس لرزه ها شده است. سازه مهاربند شده ای که مهاربند آن کمانه کرده، سپر دفاعی در برابر نیروهای لرزه ای وارده، نداشته و با وارد شدن کوچکترین نیرویی دچار آسیب و یا تخریب کامل می شود.

مطابق آیین نامه ی ۲۸۰۰ ایران [۲]، استفاده از مهاربند های هم محور در ساختمان های تا ارتفاع ۵۰ متر، در قاب های با اتصالات مفصلی و برای ساختمان های بلندتر در قاب های با اتصالات گیردار مجاز شناخته شده است. سهولت اجرا و هزینه ی پایین اتصالات مفصلی در مقایسه با اتصالات گیردار قاب های خمشی، موجب استفاده ی روز افزون از مهاربندهای هم محور به عنوان عناصر مقاوم در برابر زلزله شده است. پایین بودن میزان مصرف فولاد در هر متر مربع این سازه ها در مقایسه با سازه های خمشی از دیگر مزیت آن ها است. بعلاوه اغلب جوشکاری هایی که در محل و بعد از برپا کردن سازه انجام می شود از کیفیت مطلوبی برخوردار نیست. این نارسایی اجرایی و حساسیت زیاد قاب های خمشی به میزان و کیفیت

جوش، دلیل دیگری برای ترجیح سازه های با مهاربند هم محور به سازه های قاب خمشی است.

در کنار محاسن و برتری های سازه های با مهاربند هم محور، باید به شکل پذیری کم آن ها در مقایسه با سازه های قاب خمشی، به عنوان نقطه ضعف اصلی توجه نمود. سازه های با مهاربند هم محور، به دلیل محدود شدن خسارت سازه ای آن ها به اعضا و اتصالات مهاربند ها، در مقایسه با سازه های خمشی از سرعت بازسازی بالا و هزینه پایینی برخوردارند.

علی رغم محاسن زیاد سازه های با مهار بند هم محور، شکل پذیری کم آن ها موجب شده است که استفاده از آن ها محدود باشد. بدیهی است، هر گونه اصلاحی که منجر به شکل پذیری اینگونه سازه ها گردد، امکان بهره مندی از ویژگی های مثبت آن ها را فراهم خواهد نمود. در دو دهه ی گذشته تحقیقات و پژوهش های گسترده ای به منظور افزایش شکل پذیری مهاربند های هم محور انجام شده است. در هر یک از این تحقیقات کوشش شده است، که با اصلاح اتصالات و یا تعبیه ی عضو شکل پذیر در مهاربند های هم محور شکل پذیری آن ها افزایش یابد. به اختصار پژوهش های صورت گرفته در این زمینه را می توان به سه دسته زیر تقسیم نمود:

الف- استفاده از اتصالات اصطکاکی در اتصالات مهاربند های مختلف محوری [۱۰~۳].

ب- استفاده از غلاف (ژاکت) پوششی به منظور افزایش بار کمانش مهاربند [۱۴~۱۱].

ج- استفاده از عضو شکل پذیر خمشی یا برشی در محلی از مهاربند [۲۰~۱۵].

- فیوزها عضو های قابل تعویضی هستند که در قسمتی از مهاربند تعبیه می شوند و انرژی های وارد به سازه را جذب و مستهلک می سازند. این عضو ها در زمان زلزله با جذب نیروهای وارده دچار تغییر شکل می شوند که در بیشتر مواقع تغییر شکل ها باعث ورود مصالح عضو از ناحیه الاستیک به ناحیه پلاستیک می شود و پس از پایان زلزله تغییر شکل های ماندگار در این عضو ها وجود خواهد داشت که تعویض این عضو ها امری ضروری می باشد. فیوزها، به شکل های مختلف با عملکرد های مقاومت خمشی، برشی و یا پیچشی ساخته می شوند، البته بیشتر تحقیقات انجام شده در این زمینه بر روی عملکرد خمشی استوار بوده است

## ۱-۱- موضوع تحقیق

همانگونه که در مقدمه به آن اشاره شد نقطه ضعف مهاربند های هم مرکز پایین بودن میزان شکل پذیری آن ها است. این نقطه ضعف متأثر از تفاوت رفتار کششی و فشاری آن ها ناشی می گردد. مهاربند فشاری قبل از رسیدن به رفتار غیر الاستیک و جذب انرژی زلزله کمانه می کند و در نتیجه شکل پذیری سازه تأمین نمی شود.

در این پایان نامه، به منظور افزایش مقاومت و شکل پذیری مهاربندها به بررسی حلقه فولادی ساخته شده از ورق با مصالح موجود در بازار پرداخته می شود.

## ۱-۲- ضرورت و اهداف تحقیق

در ساخت بسیاری از ساختمان های کشور ما، استفاده از سازه های مهاربندی شده با مهاربندهای هم محور رایج است. از جمله دلایل رواج استفاده از این نوع سازه ها، سادگی و سهولت اجرا، امکان بازسازی و تعمیر کم هزینه آن ها بعد از زلزله است. از طرف دیگر، شکل پذیری کم آن ها موجب عملکرد نامناسب آن ها در زلزله و محدودیت کاربرد آن ها شده است. بنابراین افزایش شکل پذیری آن ها گام بسیار مناسبی در جهت بهبود عملکرد آن ها و در نتیجه استفاده از محاسن ارزشمند آن ها خواهد بود.

هدف از این پایان نامه، افزایش شکل پذیری انواع مهاربندها با استفاده از حلقه فولادی می باشد. حلقه فولادی مورد استفاده در این پایان نامه از ورق و با مصالح موجود در بازار ساخته شده است.این عضو متاثر از نیروی محوری مهاربند تحت خمش قرار گرفته و با تغییر شکل از حالت دایروی به بیضی ضمن جذب انرژی و افزایش شکل پذیری مهاربند به عنوان فیوز کنترل کمانش عمل می کند.

## ۱-۳- روش تحقیق

روش تحقیق برای رسیدن به هدف مورد نظردر مطالعات انجام شده به دو روش عددی ( تئوریک ) وآزمایشگاهی است.

## ۱-۴- ساختار پایان نامه

مطالعات این پایان نامه در ۵ فصل تنظیم شده است.

۱-کلیات: شامل مقدمه و ضرورت و اهداف تحقیق می باشد.

تاریخچه تحقیقات: این فصل شامل مروری بر تحقیقات و مطالعات انجام شده توسط محققین پیشین می باشد .

مطالعات آزمایشگاهی: این فصل شامل بررسی نتایج حلقه ی فولادی ساخته شده با ورق با استفاده از پیچ یا جوش می باشد.این مطالعات در آزمایشگاه سازه دانشگاه سمنان صورت گرفته است.

مطالعات عددی: شامل بررسی مختصر نرم افزار مورد استفاده ANSYS می باشد. در ادامه با انجام کالیبراسیون با داده های آزمایشگاهی موجود و اثبات صحت مدلسازی به مطالعه حلقه ساخته شده از ورق با فولاد ST37 و CT20 و نوع اتصال پیچی و جوشی پرداخته می شود.

نتیجه گیری: این فصل به نتیجه گیری و مقایسه ی بین مدل ها ی عددی و آزمایشگاهی همچنین به بررسی تاثیر ضخامت و نوع فولاد بر شکل پذیری حلقه می پردازد و در انتها چندین پیشنهاد برای بررسی بیشتر ارائه می شود.