به نام یکتا مهندس هستی . . .

دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل
دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش سازه

موضوع:

نقش المانهای با رفتار شکل پذیر در عملکرد لرزه ای قابهای فولادی دارای مهاربند برون محور

استاد راهنما:

دکتر مرتضی نقی پور

استاد مشاور:

مهندس مرضیه نعمتی

اساتید داور:

دکتر واثقی امیری

دکتر عبداله زاده

نام دانشجو:

سید رضا سلیم بهرامی

تابستان ۹۲

ماحصل آموخته هایم راتقدیم می کنم به :

مقدس ترین واژه ها در لغت نامه دلم ؛

پروردگار یکتایم را، که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به همنشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیمان ساخت.

مادرم، آنکه آفتاب مهرش در آستانه قلبم، همچنان پابرجاست و زندگیم رامدیون مهر و عطوفت آن می دانم .

پدرم، آنکه در سختی ها و دشواری های زندگی همواره یاوری دلسوز و فداکار و پشتیبانی محکم و مطمئن برایم بوده است.

برادرم، آنکه همواره در طول تحصیل متحمل زحماتم بوده و وجودش مایه دلگرمی من می باشد.

و تقدیم به همه آنانی که مهر آسمانی شان آرام بخش آلام زندگی ام است.

سپاسگزاری؛

متن حاضر حاصل مجموعه پژوهش هایی است که در دانشکده عمران دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل زیر نظر استاد ارجمند، جناب آقای دکتر مرتضی نقی پور و سرکار خانم مهندس مرضیه نعمتی انجام گرفته است. نگارنده بر خود لازم می داند به پاس پشتیبانی علمی، حمایت مداوم و تشویق های ایشان که برای راهنمایی و شکل دهی این پژوهش نقش اساسی داشتند قدردانی کند.

از پاسخگویی سرکار خانم وسناترزیک که در نوشتن کد برنامه این سیس کمک شایانی نمودند صمیمانه تشکر می کنم .

همچنین از راهنمایی های ارزشمند دوستان و اساتید عزیزم، آقایان دکتر محمد علی کافی، مهندس آرش مژگانی، دکتر سید مجتبی حسینی گله کلایی و مهندس ایمان قربانی تشکر ویژه نموده و برایشان شادکامی و موفقیت آرزومندم.

در انتها از تمامی اساتید و دوستانی که مرا در پیشبرد این مجموعه یاری کرده اند، صمیمانه تشکر می کنم و از درگاه ایزد منان توفیق روز افزون ایشان را آرزومندم. /

سید صائب سلیم مهرابی

تابستان ۱۳۹۲

چکیده:

زلزله های مختلف آسیب های متفاوتی بر حسب میزان مقاومت و پایداری به سازه ها وارد می‌سازند. لذا پایدار و مقاوم بودن سازه‌ها در برابر زلزله برای جلوگیری از تخریب‌های کلی و یا جزئی و همچنین از دست رفتن سرمایه های مالی و جانی افراد و کشور، از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. قاب‌های فولادی با مهاربندهای واگرا به عنوان یکی از سیستم های رایج مقاوم در برابر زلزله با شکل پذیری و سختی مناسب دارای آرایش های مختلفی بوده، که یکی از آن شامل اتصال تیر پیوند به ستون می باشد. این نوع اتصال، تا قبل از زلزله نورث‌ریج (۱۹۹۴)، از نوع خمشی در نظر گرفته می شدند. همچنین پژوهش های انجام شده در پی زلزله نورث‌ریج حاکی از آن بود که اتصالات تیر پیوند به ستون در معرض شکست های ترد همانند اتصالات در قاب های خمشی قرار گرفته است. به همین جهت پس از زلزله نورث‌ریج، محققان به دنبال راهکارهایی برای بهبود این نوع اتصال برآمدند که ضرورت پژوهش در این امر را بیش از پیش نشان می‌دهد.

در این پژوهش، سعی شده است تا نوع جدیدی از مستهلک کننده های انرژی، معرفی شود. این مستهلک کننده متشکل از یک حلقه که به منظور افزایش شکل پذیری و جذب انرژی زلزله و همچنین یک قوطی برای افزایش ظرفیت باربری، که توسط صفحات اتصال به حلقه شکل پذیر متصل می شوند، می‌باشد. در هنگام وقوع زلزله، 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 بدین صورت از ورود دیگر اعضای سازه به مرحله غیر خطی جلوگیری می نماید. همچنین از کمانش اعضای مهاربندی جلوگیری کرده یا آن را به تعویق می اندازد. این امر سبب جلوگیری از شکست اتصال تیر پیوند به ستون شده و در صورت خرابی المان پیشنهادی، قابلیت تعویض آسان را نیز داشته و علاوه بر این که از هزینه کم و سرعت بالایی نیز برخوردار می‌باشد. برای بررسی ظرفیت باربری و میزان شکل پذیری المان پیشنهادی از نرم افزار اجزای محدود ANSYS استفاده شده است. همچنین نرم افزار OpenSees به منظور بررسی عملکرد المان پیشنهادی در قاب‌های فولادی با مهاربندهای واگرا تحت تحلیل استاتیکی غیرخطی و نیز دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی، مورد استفاده قرار گرفته است. منحنی‌های هیسترسیس به دست آمده حاکی از آن است که المان معرفی شده می‌تواند به عنوان یک عضو جاذب انرژی و یک فیوز جهت کنترل کمانش یک مهاربند و دوران تیر پیوند عمل نموده، ضمن آنکه شکل پذیری لازم را نیز تامین کند.

واژه های کلیدی: مهاربند واگرا، اتصال تیر پیوند به ستون، شکل پذیری، فیوز، روش اجزا محدود، استهلاک انرژی

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل۱: معرفی ۱

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- اهداف پژوهش ۲

۱-۳- ساختار پایان نامه ۳

فصل۲: مروری بر منابع علمی ۵

۲-۱- مفاهیم پایه و رفتار سیستم مهاربندی واگرا در قاب های فولادی ۵

۲-۱-۱- سختی الاستیک قاب های با مهاربندی واگرا ۷

۲-۱-۲- تغییر شکل تیر پیوند ۸

۲-۱-۳- مقاومت نهایی تیر پیوند ۱۰

۲-۱-۴- رفتار تیر پیوند ۱۱

۲-۱-۵- توزیع نیرو ۱۳

۲-۱-۶- ملاحظات طراحی ۱۵

۲-۱-۷- زاویه چرخش غیر ارتجاعی مجاز تیر پیوند ۱۷

۲-۱-۸- لنگرهای انتهایی نابرابر و نیروی محوری ۱۸

۲-۱-۹- اثر دال های بتنی بر رفتار تیر پیوند ۲۰

۲-۱-۱۰- مهاربندی جانبی تیر پیوند ۲۱

۲-۱-۱۱- چشمه اتصال مهاربند و اتصال مهاربند به تیر پیوند ۲۱

۲-۲- اتصالات تیر پیوند به ستون قبل از زلزله نورث ریج ۲۳

۲-۳- اتصالات تیر پیوند به ستون پس از زلزله نورث ریج ۲۵

۲-۴- تحقیقات انجام شده در زمینه شکل پذیری ۳۳

۲-۵- روش تحلیل استاتیکی غیر خطی ۴۰

۲-۵-۱- ضرورت مطالعه بر روی ضریب رفتار ۴۱
۲-۵-۲- ضریب برش پایه ی طراحی(C_s و C_w)..... ۴۱
۲-۵-۳- ضریب برش پایه الاستیک، C_e..... ۴۲
۲-۵-۴- ضریب شکل پذیری ۴۳
۲-۵-۵- ضریب کاهش مقاومت ناشی از شکل پذیری..... ۴۳
۲-۵-۶- ضریب اضافه مقاومت ۴۵
۲-۵-۷- ضریب برش پایه‌ی طراحی در روش حالت حدی و ضرایب بار و مقاومت C_s ۴۷
۲-۵-۸- ضریب رفتار در حالت طراحی به روش تنش مجاز..... ۴۷
۲-۶- تغییر مکان هدف ۴۸
۲-۷- معرفی نرم افزار OpenSees..... ۵۰
فصل۳: معرفی پارامترهای موثر بر شیوه پژوهش.....۵۲
۳-۱- مقدمه ۵۲
۳-۲- تحلیل حلقه تحت بار جانبی در حالت الاستیک ۵۳
۳-۳- مشخصات هندسی اعضاء المان پیشنهادی ۵۵
۳-۴- مشخصات مکانیکی اعضای المان پیشنهادی..... ۵۶
۳-۵- مدلسازی به روش اجزای محدود ۵۸
۳-۶- مدلسازی المان پیشنهادی و مش بندی ۵۹
۳-۷- شرایط مرزی و بارگذاری ۶۰
۳-۸- بررسی صحت مدلسازی..... ۶۱
۳-۹- بررسی المان پیشنهادی در قاب های مهاربندی واگرا..... ۶۳
۳-۱۰- معرفی نمونه ها..... ۶۳
۳-۱۱- بارگذاری ۶۴
۳-۱۱-۱- بارگذاری ثقلی..... ۶۴
۳-۱۱-۲- بارگذاری لرزه ای..... ۶۴

۳-۱۲- پارامترهای تحلیل و طراحی ۶۴
۳-۱۳- سیستم بارگذاری جانبی برای تحلیل استاتیکی غیر خطی ۶۶
۳-۱۴- تحلیل دینامیکی غیر خطی ۶۷
۳-۱۵- انتخاب شتابنگاشت ۶۷
۳-۱۵-۱- مقیاس کردن شتابنگاشت ها ۶۹
۳-۱۶- روش مدلسازی در نرم افزار OpenSees ۷۱
فصل۴: نتایج تحلیل و بررسی رفتار مدل ها ۷۳
۴-۱- مقدمه ۷۳
۴-۲- نتایج و منحنی هیسترزیس المان پیشنهادی ۷۳
۴-۲-۱- توزیع تنش فون میزس در المان پیشنهادی ۷۳
۴-۳- مقایسه المان پیشنهادی با المان دارای حلقه تک ۷۶
۴-۴- نتایج تحلیل استاتیکی غیر خطی ۸۰
۴-۵- ضریب رفتار ۸۱
۴-۵-۱- تأثیر وجود المان شکل پذیر بر روی پارامترهای موثر بر ضریب رفتار ۸۲
۴-۶- تحلیل غیر خطی دینامیکی به صورت تاریخچه زمانی ۸۳
۴-۶-۱- مقایسه حداکثر جابجایی نسبی قاب ۸۴
۴-۶-۲- مقایسه دوران پلاستیک تیر پیوند ۸۷
۴-۶-۳- مقایسه میزان شکل پذیری ۹۰
۴-۶-۴- مقایسه حداکثر میزان برش پایه و تغییر مکان بام ۹۳
۴-۷- مقایسه میزان برش تیر پیوند ۹۴
فصل۵: خلاصه، نتیجه گیری و پیشنهادات ۹۸
۵-۱- خلاصه ۹۸
۵-۲- نتیجه گیری ۹۹

۵-۳- پیشنهادات ۱۰۱
پیوست ۱۰۲
الف) مشخصات لرزه ای شتاب نگاشت ها ۱۰۲
ب) کد نرم افزار OpenSees برای مهاربند واگرا ۱۰۴
ج) مروری بر روش و صحت سنجی مدلسازی تیر پیوند در برنامه OpenSees..... ۱۱۴
د) خروجی نرم افزار ANSYS..... ۱۱۸
منابع و مراجع: ۱۲۱

فهرست تصاویر

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: مقایسه قابلیت طراحی بازشو در مهاربند های همگرا و واگرا [۷] ۶
شکل ۲-۲: نمونه ای از قاب های مهاربندی شده واگرا [۸] ۷
شکل ۲-۳: منحنی تغییرات سختی دو نمونه قاب با مهاربندی واگرا نسبت به طول تیر پیوند [۱۰] ۸
شکل ۲-۴: تغییرات زاویه چرخش پلاستیک تیر پیوند در مهاربند های واگرا [۷] ۹
شکل ۲-۵: تغییرات دوران پلاستیک تقاضا تیر پیوند به e/L [۱۰] ۱۰
شکل ۲-۶: تغییرات مقاومت نهایی بر حسب طول تیر پیوند [۱۰] ۱۱
شکل ۲-۷: نمودار آزاد تیر پیوند [۱] ۱۱
شکل ۲-۸: تقسیم بندی تیر پیوند در سیستم مهاربندی واگرا [۵] ۱۳
شکل ۲-۹: رفتار غیر ارتجاعی تیر پیوند[۷] ۱۳
شکل ۲-۱۰: توزیع نیرو در مهاربند واگرا [۱۴] ۱۴
شکل ۲-۱۱: نمودار آزاد سیستم مهاربندی واگرا در دو حالت تیر پیوند میانی و تیر پیوند متصل به ستون[۲] ۱۵
شکل ۲-۱۲: نمودار آزاد مورد نظر پوپوف و کسای برای سیستم مهاربندی واگرا در سال ۱۹۸۶ [۱] .. ۱۶
شکل ۲-۱۳: زاویه دوران مجاز تیر پیوند بر اساس آیین نامه AISC [۲] ۱۷
شکل ۲-۱۴: تغییرات مقاومت برشی اسمی تیر پیوند بر حسب طول تیر پیوند[۱۶] ۱۸
شکل ۲-۱۵: محور محل تقاطع مهاربند و تیر [۱۰] ۲۳
شکل ۲-۱۶: جزئیات اتصالات در آزمایشات مالی و پوپوف (۱۹۸۳ و ۱۹۸۴)[۱۷] ۲۴
شکل ۲-۱۷: دو نمونه اتصال تیر پیوند به ستون قبل از زلزله نورث ریج الف) اتصال با قطعه برشی جوش شده ب) اتصال با جوش جان به ستون[۱] ۲۶
شکل ۲-۱۸: اتصال PN [۱] ۲۷
شکل ۲-۱۹: اتصال MW [۱] ۲۸
شکل ۲-۲۰: اتصال FF [۱] ۲۹
شکل ۲-۲۱: اتصال NA [۱] ۳۰
شکل ۲-۲۲: الف) اتصال AF ب) اتصال SW [۲] ۳۲
شکل ۲-۲۳: مدل پیشنهادی برمن و همکاران[۷] ۳۲
شکل ۲-۲۴: المان پیشنهادی مژگانی [۲۳] ۳۴

شکل ۲-۲۵: منحنی هیسترزیس المان پیشنهادی مژگانی[۲۳] ۳۵
شکل ۲-۲۶: مشخصات هندسی المان پیشنهادی بهشتی [۲۴] ۳۶
شکل ۲-۲۷: منحنی هیسترزیس نیرو- تغییر مکان [۲۴] ۳۷
شکل ۲-۲۸: منحنی نیرو-تغییر مکان حلقه به همراه تسمه ها [۲۴] ۳۷
شکل ۲-۲۹: المان پیشنهادی میرزاآقایی [۲۵] ۳۸
شکل ۲-۳۰: نحوه تشکیل مفصل پلاستیک در زلزله ال سنترو الف) قاب با مهاربند معمولی ب) قاب با اتصال پیشنهادی[۲۵] ۳۹
شکل ۲-۳۱: منحنی هیسترزیس نیرو – تغییر مکان طبقه همکف در زلزله ال سنترو الف) قاب با مهاربندی معمولی ۳۹
شکل ۲-۳۲: منحنی ظرفیت ساختمان [۵] ۴۱
شکل ۲-۳۳: منحنی برش پایه بر حسب تغییر مکان در طراحی به روش الف) حالات حدی ب) تنش مجاز [۲۸] ۴۲
شکل ۲-۳۴: ضریب کاهش مقاومت ناشی از شکل پذیری به دست آمده در تحقیق نیومارک و هال [۲۷] ۴۴
شکل ۳-۱: نحوه قرارگیری حلقه فولادی در قاب مهاربندی واگرا ۵۳
شکل ۳-۲: نحوه بارگذاری حلقه [۳۵] ۵۳
شکل ۳-۳: محل تشکیل مفاصل خمیری در حلقه [۳۴] ۵۴
شکل ۳-۴: المان پیشنهادی ۵۵
شکل ۳-۵: نمای المان پیشنهادی ۵۵
شکل ۳-۶: الف) سخت شدگی کرنشی همسانگرد ب) سخت شدگی کرنشی جنبشی [۳۶] ۵۷
شکل ۳-۷: نمودار تنش-کرنش الف) St37 ب) حلقه در نرم افزار ANSYS ۵۸
شکل ۳-۸: هندسه المانSOLID185 [۳۸] ۵۸
شکل ۳-۹: نمودار مطالعه مش بندی ۵۹
شکل ۳-۱۰: چرخه بارگذاری در آیین نامه ATC24 [۳۷] ۶۰
شکل ۳-۱۱: تاریخچه بارگذاری المان پیشنهادی ۶۱
شکل ۳-۱۲: مشخصات هندسی مدل آزمایشگاهی و تحلیلی المان شکل پذیر [۳۴] ۶۱
شکل ۳-۱۳: منحنی هیسترزیس نیرو – تغییر قطر قائم حلقه فولادی آزمایشگاهی کافی[۳۴] ۶۲
شکل ۳-۱۴: منحنی هیسترسیس نیرو-تغییر قطر قائم حلقه حاصل از نتایج اجزای محدود ۶۲

شکل ۳-۱۵: آرایش مهاربندی واگرا ۴، ۶ و ۸ طبقه الف) بدون المان شکل پذیر ب) با المان شکل پذیر ۶۳
شکل ۳-۱۶: طیف پاسخ شتاب مولفه طولی زلزله امپریال ۶۸
شکل ۳-۱۷: طیف پاسخ شتاب مولفه عرضی زلزله امپریال ۶۸
شکل ۳-۱۸: طیف پاسخ شتاب مولفه طولی زلزله طبس ۶۸
شکل ۳-۱۹: طیف پاسخ شتاب مولفه عرضی زلزله طبس ۶۹
شکل ۳-۲۰: طیف پاسخ شتاب مولفه طولی زلزله نورث ریج ۶۹
شکل ۳-۲۱: طیف پاسخ شتاب مولفه عرضی زلزله نورث ریج ۶۹
شکل ۳-۲۲: طیف پاسخ شبه شتاب ترکیبی سه زوج شتابنگاشت ۷۰
شکل ۳-۲۳: متوسط طیف پاسخ شبه شتاب ۷۰
شکل ۳-۲۴: مدلسازی سازه در نرم افزار OpenSees..... ۷۲
شکل ۴-۱: توزیع تنش فون میزس در المان پیشنهادی ۷۴
شکل ۴-۲: نمودار نیروی قابل تحمل توسط المان پیشنهادی..... ۷۴
شکل ۴-۳: نمودار میزان استهلاک انرژی توسط المان پیشنهادی..... ۷۵
شکل ۴-۴: رابطه بین نیروی قابل تحمل توسط المان پیشنهادی به نسبت ضخامت به قطر آن ۷۵
شکل ۴-۵: رابطه بین میزان استهلاک انرژی المان پیشنهادی به نسبت ضخامت به قطر آن..... ۷۵
شکل ۴-۶: پاسخ نیرو به جابجایی المان پیشنهادی..... ۷۶
شکل ۴-۷: منحنی هیسترزیس المان پیشنهادی ۷۶
شکل ۴-۸: پوش منحنی هیسترزیس نیرو- تغییر قطر حلقه المان پیشنهادی..... ۷۷
شکل ۴-۹: منحنی هیسترزیس المان پیشنهادی ۷۷
شکل ۴-۱۰: منحنی انرژی- چرخه بارگذاری..... ۷۸
شکل ۴-۱۱: منحنی تغییرات انرژی تجمعی- چرخه های بارگذاری ۷۸
شکل ۴-۱۲: نمودار پوش آور برای سازه ۴ طبقه با مهاربندی واگرا ۸۰
شکل ۴-۱۳: نمودار پوش آور برای سازه ۶ طبقه با مهاربندی واگرا ۸۱
شکل ۴-۱۴: نمودار پوش آور برای سازه ۸ طبقه با مهاربندی واگرا ۸۱
شکل ۴-۱۵: نمودار ضریب شکل پذیری به نسبت تعداد طبقات ۸۲
شکل ۴-۱۶: نمودار ضریب کاهش مقاومت ناشی از شکل پذیری به نسبت تعداد طبقات..... ۸۲
شکل ۴-۱۷: نمودار ضریب رفتار بر حسب طراحی تنش مجاز به نسبت تعداد طبقات ۸۳

شکل ۴-۱۸: نمودار ضریب رفتار بر حسب طراحی حالات حدی به نسبت تعداد طبقات..... ۸۳
شکل ۴-۱۹: حداکثر جابجایی نسبی طبقات قاب مهاربندی واگرای معمولی و دارای المان شکل پذیر تحت زلزله امپریال به نسبت تعداد طبقات الف) ۸ ب) ۶ ج) ۴ طبقه ۸۵
شکل ۴-۲۰: حداکثر جابجایی نسبی طبقات قاب مهاربندی واگرای معمولی و دارای المان شکل پذیر تحت زلزله نورث ریج به نسبت تعداد طبقات الف) ۸ ب) ۶ ج) ۴ طبقه ۸۶
شکل ۴-۲۱: حداکثر جابجایی نسبی طبقات قاب مهاربندی واگرای معمولی و دارای المان شکل پذیر تحت زلزله طبس به نسبت تعداد طبقات الف) ۸ ب) ۶ ج) ۴ طبقه..... ۸۷
شکل ۴-۲۲: زوایه چرخش غیر ارتجاعی تیر پیوند قاب مهاربندی واگرای معمولی و دارای المان شکل پذیر تحت زلزله امپریال به نسبت تعداد طبقات الف) ۸ ب) ۶ ج) ۴ طبقه ۸۸
شکل ۴-۲۳: زوایه چرخش غیر ارتجاعی تیر پیوند قاب مهاربندی واگرای معمولی و دارای المان شکل پذیر تحت زلزله نورث‌ریج به نسبت تعداد طبقات الف) ۸ ب) ۶ ج) ۴ طبقه ۸۹
شکل ۴-۲۴: زوایه چرخش غیر ارتجاعی تیر پیوند قاب مهاربندی واگرای معمولی و دارای المان شکل پذیر تحت زلزله طبس به نسبت تعداد طبقات الف) ۸ ب) ۶ ج) ۴ طبقه..... ۹۰
شکل ۴-۲۵: منحنی هیسترزیس نیروی مهاربند به تغییر مکان مهاربند در قاب های مهاربندی واگرای معمولی و دارای المان شکل پذیر تحت زلزله امپریال در حالت الف) ۸ ب) ۶ ج) ۴ طبقه ۹۱
شکل ۴-۲۶: منحنی هیسترزیس نیروی مهاربند به تغییر مکان مهاربند در قاب های مهاربندی واگرای معمولی و دارای المان شکل پذیر تحت زلزله نورث‌ریج در حالت الف) ۸ ب) ۶ ج) ۴ طبقه ۹۲
شکل ۴-۲۷: منحنی هیسترزیس نیروی مهاربند به تغییر مکان مهاربند در قاب های مهاربندی واگرای معمولی و دارای المان شکل پذیر تحت زلزله طبس در حالت الف) ۸ ب) ۶ ج) ۴ طبقه..... ۹۳
شکل ۴-۲۸: حداکثر نیروی برشی تیر پیوند مهاربند در قاب های مهاربندی واگرای معمولی و دارای المان شکل پذیر تحت زلزله امپریال به نسبت تعداد طبقات الف) ۸ ب) ۶ ج) ۴ طبقه..... ۹۵
شکل ۴-۲۹: حداکثر نیروی برشی تیر پیوند مهاربند در قاب های مهاربندی واگرای معمولی و دارای المان شکل پذیر تحت زلزله نورث‌ریج به نسبت تعداد طبقات الف) ۸ ب) ۶ ج) ۴ طبقه..... ۹۶
شکل ۴-۳۰: حداکثر نیروی برشی تیر پیوند مهاربند در قاب های مهاربندی واگرای معمولی و دارای المان شکل پذیر تحت زلزله طبس به نسبت تعداد طبقات الف) ۸ ب) ۶ ج) ۴ طبقه ۹۷
شکل (الف-۱): تاریخچه شتاب، سرعت و تغییر مکان زلزله امپریال ۱۰۲
شکل (الف-۲): تاریخچه شتاب، سرعت و تغییر مکان زلزله نورث ریج ۱۰۲
شکل (الف-۳): تاریخچه شتاب، سرعت و تغییر مکان زلزله طبس..... ۱۰۳

شکل (ج-۱): المان تیر پیوند در مهاربند واگرا [۴۶]..... ۱۱۴
شکل (ج-۲): رفتار ترکیبی فنر های انتقالی [۴۷] ۱۱۵
شکل (ج-۳): مدل آزمایشگاهی اوکازاکی و همکاران [۱۱] ۱۱۵
شکل (ج-۴): مدل شبیه سازی شده کار آزمایشگاهی[۱۱].....۱۱۶
شکل (ج-۵): نمودار هیسترزیس تیر پیوند برای الف) کار آزمایشگاهی ب) مدلسازی در برنامه OpenSees [۱۱].....۱۱۶
شکل (د-۱): توزیع تنش فون میزس در المان پیشنهادی برای حالت کششی..... ۱۱۸
شکل (د-۲): توزیع تنش فون میزس در المان پیشنهادی برای حالت فشاری ۱۱۸
شکل (د-۳): کرنش پلاستیک معادل در المان پیشنهادی برای حالت کششی ۱۱۹
شکل (د-۴): کرنش پلاستیک معادل در المان پیشنهادی برای حالت فشاری ۱۱۹
شکل (د-۵): تغییرشکل در المان پیشنهادی برای حالت کششی ۱۲۰
شکل (د-۶): تغییرشکل در المان پیشنهادی برای حالت فشاری..... ۱۲۰

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: مشخصات مکانیکی ۳۴
جدول ۲-۲: نتایج حاصل از آنالیز کمانش [۲۴]..... ۳۵
جدول ۲-۳: مشخصات مکانیکی [۲۵]..... ۳۶
جدول ۲-۴: میزان تغییر مکان بام و برش پایه در زلزله [۲۶]..... ۴۰
جدول ۲-۵: مقادیر پارمترهای a و b در روش ناسار و کراوینکلر [۲۹] ۴۵
جدول ۳-۱: مشخصات نمونه های المان پیشنهادی ۵۶
جدول ۳-۲: مشخصات مکانیکی اعضاء المان پیشنهادی ۵۷
جدول ۳-۳: مشخصات لرزه ای تحلیل استاتیکی معادل طبق آیین نامه ۲۸۰۰ ..... ۶۴
جدول ۳-۴: مقاطع سازه مهاربندی واگرا ۴ طبقه ۶۵
جدول ۳-۵: مقاطع سازه مهاربندی واگرا ۶ طبقه ۶۵
جدول ۳-۶: مقاطع سازه مهاربندی واگرا ۸ طبقه ۶۵
جدول ۳-۷: تعیین مقدار تغییر مکان هدف مطابق آیین نامه FEMA-356 یا دستورالعمل بهسازی ساختمان‌های موجود ۶۶
جدول ۳-۸: مشخصات رکورد های انتخاب شده ۶۷
جدول ۳-۹: مقایسه مدهای ارتعاشی بین دو نرم افزار SAP و OpenSees ۷۲
جدول ۴-۱: مقایسه میزان حداکثر برش پایه و تغییر مکان بام در قاب با مهاربندی واگرا دارای المان پیشنهادی و بدون آن ۹۴

فصل اول

معرفی

۱-۱- مقدمه

از بین سیستم‌های سازه ای مقاوم در برابر زلزله، قاب خمشی خصوصاً قاب خمشی ویژه را می توان به عنوان یک سیستم باربری جانبی که دارای شکل پذیری زیاد و سختی کم می باشد، قلمداد کرد. از طرف دیگر قاب‌های مهاربندی همگرا نیز دارای سختی مناسب بوده، لیکن از شکل پذیری مناسب محروم می‌باشند. قاب‌های با مهاربندی واگرا در واقع ترکیبی مناسب از قاب های خمشی و قاب های مهاربندی همگرا بوده که هر دو خاصیت سختی و شکل پذیری را همزمان به نحو مطلوب دارا می باشد. نقش اساسی جذب و استهلاک انرژی القایی ناشی از زلزله این نوع سیستم سازه‌ای توسط تیر پیوند تأمین می شود. در بعضی از انواع پیکربندی مهاربندی واگرا، به علت وجود بازشو یا درب در کنار ستون، نیاز به اتصال تیر پیوند به ستون می باشد. زلزله ۱۷ ژانویه ۱۹۹۴ در منطقه نورث‌ریج واقع در ایالات کالیفرنیای آمریکا سر آغاز مهمی برای انجام تحقیقات در رابطه با اتصالات قاب های خمشی گردید. بر این اساس بسیاری از آیین‌نامه‌های طراحی لرزه ای قاب های خمشی مجدداً مورد بازبینی قرار گرفت و تحقیقات محدودی در زمینه اتصالات تیر پیوند به ستون انجام شد. با توجه به اینکه اتصالات تیر پیوند به ستون، نیروها و تغییرشکل‌های غیر ارتجاعی بزرگ و متفاوتی از اتصالات خمشی را تحمل می‌کنند، بنابراین طراحی، کنترل و ارائه راه کار مناسب به منظور تأمین شکل پذیری مورد نیاز این اتصالات ضروری به نظر می رسد.

با توجه به پژوهش های صورت گرفته توسط اوکازاکی (۲۰۰۴) [۱]، درالیز[۱] (۲۰۰۷) [۲] و همچنین بررسی های به عمل آمده توسط پرینز[۲] و همکاران (۲۰۰۹)[۳] و برمن[۳] و همکاران (۲۰۱۰)[۴] هنوز اتصال مناسب و رضایت بخشی برای اتصال تیر پیوند به ستون توسط آیین نامه های طراحی ارائه نشده است. در ضوابط لرزه ای آیین نامه AISC (2005)، به دلیل تحقیقات در حال انجام برای رفع نواقص این نوع از اتصال، به طراحان توصیه شده تا از به کارگیری این نوع از اتصال در صورت لزوم اجتناب شود. با توجه به مطالب ذکر شده اهمیت بررسی اتصال تیر پیوند به ستون در سیستم مهاربندی واگرا بیش از پیش بر همگان مشخص می‌گردد.

در این پژوهش، سعی شده است تا نوع جدیدی از مستهلک کننده های انرژی (فلزی جاری شونده)، معرفی شود. این مستهلک کننده متشکل از یک حلقه که موجب افزایش شکل پذیری و جذب انرژی زلزله شده و یک قوطی برای افزایش ظرفیت باربری، که توسط صفحات اتصال به حلقه شکل پذیر متصل می‌شوند، می‌باشد. در هنگام وقوع زلزله، 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 بدین صورت از ورود دیگر اعضای سازه به مرحله غیر خطی جلوگیری می نماید. همچنین از کمانش اعضای مهاربندی جلوگیری کرده یا آن را به تعویق می اندازد. این امر از شکست اتصال تیر پیوند به ستون جلوگیری کرده و در صورت خرابی المان پیشنهادی، قابلیت تعویض آسان را نیز داشته و علاوه بر آن از هزینه کم و سرعت اجرایی بالایی نیز برخوردار می‌باشد. انتظار می رود که المان معرفی شده بتواند به عنوان یک عضو جاذب انرژی و همچنین یک فیوز جهت کنترل کمانش مهاربند و دوران تیر پیوند عمل کند، ضمن آنکه شکل پذیری لازم را نیز تامین کند.

۱-۲- اهداف پژوهش

اهداف اصلی این پژوهش عبارتند از:

۱- بررسی تحلیلی میزان شکل پذیری و ظرفیت باربری المان شکل پذیر.
۲- ارزیابی عملکرد قاب با مهاربندی واگرا شامل المان پیشنهادی و مقایسه آن با مهاربند بدون المان پیشنهادی.
۳- بررسی اثر المان پیشنهادی بر اتصال تیر پیوند به ستون در سیستم مهاربندی واگرا.

---

[۱] . Drolias

[۲] . Prinz

[۳] . Berman

۱-۳- ساختار پایان نامه

این پژوهش مشتمل بر پنج فصل به ترتیب معرفی، مرور بر منابع علمی، معرفی پارامترهای موثر بر شیوه پژوهش، نتایج تحلیل و بررسی رفتار مدل ها، خلاصه، نتیجه گیری و پیشنهادات می باشد.

فصل اول به معرفی و آشنایی اجمالی موضوع پژوهش و اهدافی که در این پژوهش دنبال می‌گردد، می‌پردازد.

در فصل دوم، به مرور منابع علمی و کارهای تحلیلی و آزمایشگاهی که توسط محققین در زمینه سیستم مهاربندی واگرا خصوصاً اتصال تیر پیوند به ستون و همچنین المان های شکل پذیر صورت گرفته است، پرداخته می‌شود. در ابتدای این فصل به خصوصیات اصلی سیستم مهاربندی واگرا، مکانیزم اتلاف انرژی و عوامل موثر بر رفتار این نوع از سیستم باربری جانبی پرداخته و به طور همزمان کارهای پژوهشی انجام شده توسط محققان به صورت اجمالی بیان شده است. سپس رفتار تیر پیوند مورد بررسی قرار می‌گیرد و ضمن بیان پژوهش های قبلی، مکانیزم تسلیم، دوران غیر ارتجاعی، جزئیات تیر پیوند و شکل پذیری آن نیز به تفصیل بیان می شود. در ادامه به دو گروه از اتصالات قبل و بعد از زلزله نورث‌ریج اشاره شده و جزئیات اتصالات و نتایج حاصل از بررسی آزمایشگاهی و تحلیلی به طور مختصر بیان می شود. در پایان این فصل نیز به مباحث مربوط به تعیین ضریب رفتار و عوامل موثر بر آن در قاب های فولادی پرداخته می‌شود.

فصل سوم، به معرفی پارامترهای موثر بر شیوه‌ی پژوهش می پردازد. در ابتدای این فصل در رابطه با مدل‌های المان پیشنهادی و مصالح مورد استفاده برای حلقه و قوطی مطالبی بیان می شود و سپس به صحت سنجی مدلسازی در نرم افزار ANSYS و دلایل استفاده از این نرم افزار پرداخته می شود. همچنین برای تحلیل قاب با مهاربندی واگرا از نوع پیکربندی اتصال تیر پیوند به ستون از نرم افزار OpenSees استفاده می شود که دلایل استفاده از آن به تفصیل بیان می‌شود. مدلسازی قاب مورد نظر، نیازمند استفاده از آیین نامه های طراحی و بارگذاری مناسب ثقلی و جانبی می باشد که به آن نیز پرداخته می‌شود. در انتهای این فصل به معرفی شتاب نگاشت‌های انتخاب شده برای تحلیل دینامیکی غیر خطی به صورت تاریخچه زمانی، دلایل انتخاب رکوردهای زلزله و همچنین معرفی پارامترهای موثر بر تحلیل استاتیکی غیر خطی اشاره می‌شود.

در فصل چهارم، نتایج حاصل از بررسی تحلیلی ارائه می‌گردد. تجزیه، تحلیل و مقایسه‌های صورت گرفته از نتایج مدلسازی المان شکل پذیر در نرم افزار ANSYS و مدلسازی قاب با مهاربندی واگرا دارای المان پیشنهادی و بدون آن در نرم افزار OpenSees به تفصیل در این فصل بیان می گردد.

در فصل پنجم، خلاصه کارهای صورت گرفته و همچنین جمع بندی نتایج ارائه شده در فصل چهارم، در کنار پیشنهاداتی به منظور ادامه‌ی کارهای پژوهشی در این زمینه، ارائه می‌شود و سپس منابع و مراجع ذکر می‌گردد.

فصل دوم

مروری بر منابع علمی

۲-۱- مفاهیم پایه و رفتار سیستم مهاربندی واگرا در قاب های فولادی

دو شرطی که در قاب های با مهاربندی دارای اهمیت خاص می باشد عبارتند از سختی و صلبیت زیاد برای کاهش انتقال جانبی و در عین حال داشتن شکل پذیری مناسب در سیستم سازه ای می باشد. نتایج آزمایشگاهی حاکی از آن است که قاب های با مهاربندی همگرا، اگرچه در برآوردن کردن شرط اول بسیار موثر است ولی از نظر تأمین شکل پذیری و جلوگیری از کاهش مقاومت و سختی در بارگذاری رفت و برگشتی (در محدوده‌ی غیر ارتجاعی) دارای معایبی می باشند.

در اوایل سال ۱۹۷۰ میلادی برای اولین بار قاب های مهاربندی واگرا در ژاپن توسط فوجی موتو[۱] و همکاران(۱۹۷۲)، تاناباشی[۲] و همکاران (۱۹۷۴)، با هدف دارا بودن شکل پذیری مناسب (مشخصه اصلی قابهای خمشی) و داشتن سختی زیاد (مشخصه اصلی قاب های مهاربندی شده همگرا) مورد استفاده قرار گرفت[۵].

---

۱. Fujimoto

۲. Tanabashi