بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی عمران

بررسی قابلیت اعتماد پذیری احتمالاتی اتصالات پای ستون ها در سازه ها

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران - گرایش مهندسی زلزله

دانشجو:

محمد هادی تقدیسی

استاد راهنما:

دکتر گرامی

زمستان ۱۳۹۱

دانشکده مهندسی عمران

بررسی قابلیت اعتمادپذیری احتمالاتی اتصالات پای ستون ها در سازه ها

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران - گرایش مهندسی زلزله

دانشجو:

محمد هادی تقدیسی

استاد راهنما:

دکتر گرامی

زمستان ۱۳۹۱

دانشکده مهندسی عمران

صورتجلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

پایان نامه ی آقای/خانم ..... برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی عمران – گرایش ..... تحت عنوان "....." در جلسه مورخ / / بررسی و با نمره

عدد	
حروف	

مورد تایید قرار گرفت.

اعضای هیئت داوران:

استاد راهنمای اول:	امضاء:
استاد راهنمای دوم:	امضاء:
استاد مشاور اول:	امضاء:
استاد مشاور دوم:	امضاء:
استاد داور:	امضاء:
استاد داور:	امضاء:

مدیر تحصیلات تکمیلی دانشکده: ..... امضاء .....

دانشکده مهندسی عمران

اینجانب **محمد هادی تقدیسی** متعهد می شوم که محتوای علمی این نوشتار با عنوان **"بررسی قابلیت اعتمادپذیری احتمالاتی اتصالات پای ستون ها در سازه ها"** که به عنوان پایان نامه کارشناسی ارشد رشته **مهندسی عمران گرایش زلزله** به دانشگاه ارائه شده است، 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 مرتبط به آن نیز از طرف مراجع قابل پیگیری است.

نام و نام خانوادگی: محمد هادی تقدیسی

شماره دانشجویی: ۸۹۱۵۱۴۸۰۰۱

امضاء

پایان نامه های تحت حمایت پژوهشکده فناوری های نوین مهندسی عمران دانشگاه سمنان

این پاین نامه تحت حمایت پژوهشکده فناوری های نوین نوین مهندسی عمران و در قالب گروه پژوهشی:

☐ روش های اجرایی نوین مهندسی عمران

☐ مصالح نوین مهندسی عمران

☐ سیستم های نوین ساخت

☐ روشهای تحلیل نوین در مهندسی عمران

ارائه شده است.

امضای مدیر گروه پژوهشی　　امضای رئیس پژوهشکده

این صفحه در صورتی تکمیل می گردد که فعالیت پژوهشی مورد نظر در راستای اهداف پژوهشکده فناوری های نوین مهندسی عمران و با حمایت یکی از گروه های پژوهشی صورت پذیرد.

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه برای همگان با ذکر مرجع بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه با اخذ مجوز از استاد راهنما با ذکر مرجع بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه تا تاریخ ..... ممنوع است.

نام استاد یا اساتید راهنما:

تاریخ:

امضاء:

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

که بهشتیان این گیتی هستند.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

که دعای خیرشان همواره پشت و پناه من است.

تقدیر و تشکر

این پژوهش در راستای اهداف گروه پژوهشی فناوری های نوین دانشگاه سمنان و با حمایت این گروه پژوهشی انجام گردیده است. بدینوسیله از زحمات آقای دکتر محسن گرامی، استاد راهنمای محترم پایان نامه بدلیل راهنمایی های ارزشمندشان در طول تحقیق تقدیر و تشکر می گردد.

محمد هادی تقدیسی

زمستان ۹۱

چکیده

احتمال خرابی سازه ای که با استفاده از روش های معین طرح شده است بسیار بیشتر از سازه ای می باشد که در شرایط مشابه و به کمک روش های احتمالاتی با احتساب عدم قطعیت ها طراحی گردیده است. به عنوان نمونه می توان اتصال پای ستون در سازه ها را به عنوان یکی از مسائلی که با عدم قطعیت های فراوانی مواجه است را نام برد، وجود عدم قطعیت های مختلف در این اتصال علاوه بر تاثیر آن بر طراحی اتصال، نقشی مهم بر رفتار و ویژگی های دینامیکی سازه ها خواهند داشت.

در این تحقیق به بررسی دو روش مرسوم در طراحی اتصالات پای ستون ، روش بلوک تنش مثلثی و روش بلوک مستطیلی پرداخته شده است و نتایج حاصل از این دو روش با هم مقایسه شده است. سپس با استفاده از ویژگی سختی دورانی اتصال پای ستون به بررسی عدم قطعیت های آن پرداخته شده است و به کمک این عدم قطعیت ها و داده های آزمایشگاهی به صورت احتمالاتی میانگین سختی دورانی اتصال پای ستون در سازه ها پیش بینی شده است و در مرحله ی آخر اثر سختی دورانی اتصال پای ستون بر رفتار و عملکرد لرزه ای و ویژگی های دینامیکی سازه ها به کمک تحلیل استاتیکی غیرخطی فزاینده ی مودال (MPA) و تاریخچه زمانی، در حالتی که سازه ها دارای سختی های دورانی متفاوت می باشند پرداخته شده است.

نتایج حاصل از تحقیق نشان می دهد که روش های بلوک تنش مثلثی و بلوک مستطیلی بصورت محافظه کارانه به پیش بینی لنگر تسلیم اتصال می پردازند و مقادیر حاصل از این دو روش به هم نزدیک می باشند. همچنین به کمک ۷ عدم قطعیت موجود در اتصال تخمین زده شد که در صورتی که نیروی محوری در ستون وجود نداشته باشد، ۹۵٪ اطمینان وجود دارد که سختی دورانی اتصال پای ستون در بازه ی (۱۴/۶۶ – ۱۲/۵۱) قرار دارد که خطای این تخمین ۱/۰۷ می باشد. همچنین با همین درصد اطمینان، دوران اتصال پای ستون در بازه ی (۷/۱۹ – ۶/۵۱) قرار دارد که خطای این تخمین ۰/۳۴ می باشد و در صورت وجود نیروی محوری مقادیر بازه ی سختی دورانی بسته به نیروی محوری اعمالی بیشتر و بازه ی دوران کمتر خواهد شد. همچنین تحلیل مدل های سازه ای با سختی دورانی های مختلف نشان داد که اتصال پای ستون با رفتار شبه صلب مطلوبیت بیشتری در طراحی سازه ها دارد.

واژه‌های کلیدی:اتصال پای ستون، عدم قطعیت، تحلیل احتمالاتی، سختی دورانی، MPA.

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- لزوم تحقیق ۲

۱-۳- اهداف تحقیق ۳

۱-۴- نوآوری تحقیق ۳

۱-۵- فرضیه های تحقیق ۴

۱-۶- فرضیات تحقیق ۴

۱-۷- روش تحقیق ۶

۱-۸- فصول تحقیق ۷

۱-۹- فلوچارت تحقیق ۸

فصل ۲: مروری بر پیشینه ی تحقیق ۱۰

۲-۱- مقدمه ۱۱

۲-۲- تحقیقات تحلیلی گذشته ۱۱

۲-۳- مطالعات آزمایشگاهی گذشته ۱۴

۲-۴- روش های طراحی اتصالات پای ستون تحت ترکیب بار محوری و خمشی ۱۷

۲-۵- روش طراحی الاستیک و نهایی ۱۷

۲-۶- راهنمای طراحی سری اول، ویرایش اول(دی ولف و ریکر، ۱۹۹۰) ۲۰

۲-۷- راهنمای طراحی سری اول، ویرایش دوم (فیشر و کلویبر،۲۰۰۶) ۲۰

۲-۸- راهنمای طراحی سری ۱۰ (فیشر و وست، ۱۹۹۷) ۲۱

۲-۹- روش های طراحی اتصالات پای ستون تحت ترکیب نیروی محوری و کششی ۲۲

۲-۱۰- موسسه ی فولاد استرالیا(رنزی و نین، ۲۰۰۲) ۲۲

۲-۱۱- طراحی اتصالات پای ستون تحت بارهای لرزه ای ۲۲

۲-۱۱-۱- دیدگاه آیین نامه ی AISC ، ۲۰۰۵ ۲۳

۲-۱۱-۲- معیار طراحی لرزه ای در سازه های دو بعدی فولادی(FEMA350-2000) ۲۴

۲-۱۲- بررسی سختی اولیه ۲۴

۲-۱۳- آزمایشات انجام شده در اتصالات پای ستون ۲۵

فصل ۳: روش های پیش بینی مقاومت اتصال پای ستون ٤۰

۳-۱- مقدمه ۴۱

۳-۲- روش بلوک تنش مثلثی(TSB) ۴۱
۳-۲-۱- پیشبینی حداکثر ظرفیت خمشی اتصال ۴۴
۳-۲-۲- بررسی نیروهای میل مهارها ۴۹
۳-۲-۳- روش TSB با درنظرگیری مقطع بحرانی مایل در اتصال پای ستون ۵۳
۳-۲-۴- خلاصه ی روش TSB ۵۵
۳-۳- روش بلوک تنش مستطیلی(RSB) ۵۶
۳-۳-۱- تخمین حداکثر ظرفیت اتصال پای ستون ۵۶
۳-۳-۲- نیروی موجود در میل مهار ۶۰
۳-۳-۳- کاربرد روش RSB با درنظر گیری مقطع بحرانی مایل ۶۱
۳-۳-۴- خلاصه ی روش RSB ۶۱

فصل ٤: روابط لنگر- دوران اتصال پای ستون **٦٤**

۴-۱- مقدمه ۶۵
۴-۲- کنویند و همکاران (۲۰۱۲) ۶۵
۴-۲-۱- داده های آزمایشگاهی مورد استفاده و پاسخ اتصال ۶۶
۴-۲-۲- روش بدست آوردن سختی سکانتی ۷۱
۴-۲-۳- محاسبه ی سختی دورانی تحت شرایط با خروج از مرکزیت کم ۷۹
۴-۲-۴- مقایسه ی سختی تخمین زده شده با مقادیر آزمایشگاهی ۸۱
۴-۳- دوماس و همکاران(۲۰۰۶) ۸۴
۴-۳-۱- روش تحقیق ۸۵
۴-۳-۲- مدل سازی FE ۸۹
۴-۴- ارموپولوس و استاماتوپولوس(۱۹۹۶) ۹۹
۴-۴-۱- طبقه بندی اتصالات پای ستون ۹۹
۴-۴-۲- تخمین موقعیت محور خنثی ۱۰۱
۴-۴-۳- روش طراحی ۱۰۶

فصل ٥: عدم قطعیت ها در اتصال پای ستون **١١٥**

۵-۱- مقدمه ۱۱۶
۵-۲- عدم قطعیت ها در اتصال پای ستون ۱۱۶
۵-۲-۱- طول میل مهار ۱۲۰
۵-۲-۲- قطر میل مهار ۱۲۳
۵-۲-۳- موقعیت مکانی میل مهار ۱۲۵

۵-۲-۴- تعداد میل مهارها ۱۲۸
۵-۲-۵- ضخامت صفحه ستون ۱۳۱
۵-۲-۶- تغییر طول و عرض صفحه ستون ۱۳۴
۵-۲-۷- تغییر عمق ستون همراه با تغییرطول و عرض صفحه ستون ۱۳۶
۵-۳- برآورد سختی دورانی و دوران اتصال پای ستون ۱۳۹

فصل ٦: ۱٤۱

تاثیر سختی دورانی اتصال پای ستون بر سازه ۱٤۱
۶-۱- مقدمه ۱۴۲
۶-۲- مدلسازی ۱۴۲
۶-۲-۱- معرفی قاب های مدل سازی شده ۱۴۲
۶-۲-۲- بارگذاری ثقلی و لرزه ای قاب ها ۱۴۳
۶-۲-۳- سختی دورانی پای ستون ها ۱۴۴
۶-۲-۴- خواص دینامیکی سازه ها ۱۴۴
۶-۲-۵- شتابنگاشت های مورد استفاده ۱۵۳
۶-۲-۶- تعریف مفاصل پلاستیک مدل ها جهت تحلیل پوش آور ۱۵۵
۶-۲-۷- مدلسازی رفتار غیرخطی اعضا ۱۵۵
۶-۳- نتایج تحلیل ۱۵۷
۶-۳-۱- پریود، جرم مودی موثر و ضریب مشارکت مودی ۱۵۷
۶-۳-۲- منحنی های ظرفیت مدل های تحلیل شده ۱۵۹
۶-۳-۳- میرایی و شکل پذیری ۱۶۴
۶-۳-۴- تعیین میزان دقت MPA و تغییرمکان سازه ها ۱۶۸
۶-۳-۵- جابجایی نسبی ۱۷۶

فصل ۷: جمع‌بندی و پیشنهادات ۱۷۸
۷-۱- مقدمه ۱۷۹
۷-۲- نتایج ۱۷۹
۷-۳- پیشنهادات ۱۸۳

مراجع ۱۸٤

پیوست‌ها ۱۹۰

فهرست اشکال

شکل (۱-۱) فلوچارت اصلی تحقیق ۸
شکل (۱-۲) فلوچارت قسمت اول تحقیق ۸
شکل (۱-۳) فلوچارت قسمت دوم تحقیق ۹
شکل (۲-۱) شکل شماتیک از سه مود شکست در اتصال پای ستون a) تسلیم صفحه ستون در سمت فشاری b) تسلیم صفحه ستون در سمت کششی c)ظرفیت کششی میل مهار ۱۸
شکل (۳-۱)a) شکلی شماتیک از یک اتصال پای ستون b) روش طراحی الاستیک c) روش طراحی نهایی ۴۲
شکل (۳-۲) تخمین مقادیر ظرفیت و نیاز آزمایش۱(سمت راست) آزمایش ۲ (سمت چپ)،(TSB) ۴۶
شکل (۳-۳) تخمین مقادیر ظرفیت و نیاز آزمایش۴(سمت راست) آزمایش ۳ (سمت چپ)،(TSB) ۴۶
شکل (۳-۴) تخمین مقادیر ظرفیت و نیاز آزمایش۵(سمت راست) آزمایش ۶ (سمت چپ)،(TSB) ۴۶
شکل (۳-۵) تخمین مقادیر ظرفیت و نیاز آزمایش۷(TSB) ۴۷
شکل (۳-۶) تخمین نیروی میل مهار آزمایش ۱(سمت راست) آزمایش ۲(سمت چپ)[۲] ۴۹
شکل (۳-۷) تخمین نیروی میل مهار آزمایش ۳(سمت راست) آزمایش ۴(سمت چپ)[۲] ۴۹
شکل (۳-۸) تخمین نیروی میل مهار آزمایش ۵(سمت راست) آزمایش ۶(سمت چپ)[۲] ۵۰
شکل (۳-۹) تخمین نیروی میل مهار آزمایش ۷ [۲] ۵۰
شکل (۳-۱۰) مقاطع بحرانی فرض شده در اتصال a) روش مرسوم در طراحی(راهنمای شماره ی ۱) b) روش مقطع مایل(راهنمای شماره ی ۱۰)[۲] ۵۴
شکل (۳-۱۱) تخمین مقادیر ظرفیت و نیاز آزمایش۱(سمت راست) آزمایش ۲ (سمت چپ)،(RSB) ۵۷
شکل (۳-۱۲) تخمین مقادیر ظرفیت و نیاز آزمایش۳(سمت راست) آزمایش ۴ (سمت چپ)،(RSB) ۵۷
شکل (۳-۱۳) تخمین مقادیر ظرفیت و نیاز آزمایش۵(سمت راست) آزمایش ۶ (سمت چپ)،(RSB) ۵۷
شکل (۳-۱۴) تخمین مقادیر ظرفیت و نیاز آزمایش۷(RSB) ۵۸
شکل (۳-۱۵) مقایسه ی دو روش TSB و RSB با مشاهدات آزمایشگاهی ۶۲
شکل (۴-۱) شکلی شماتیک از تنظیمات آزمایش انجام شده توسط گومز و همکاران(۲۰۱۰)[۶] ۶۸
شکل (۴-۲) پاسخ هیسترزیس لنگر – دوران و پوش منحنی یکنواخت[۶] ۶۹
شکل (۴-۳) الگوریتم روش انجام محاسبه ی سختی به روش کنویند و همکاران(۲۰۱۲) ۷۲
شکل (۴-۴) فرض توزیع تنش در شرایط خروج از مرکزیت a) کم b)زیاد ۷۴
شکل (۴-۵) تغییرشکل و مولفه های موثر فرض شده در اتصال ۷۷

شکل (۴-۶) کرنش در ملات تحت شرایط خروج از مرکزیت کم a) نیروی محوری خالص b) $M_y = M_{crit}$ (c $M_y < M_{crit}$ ۸۱
شکل (۴-۷) مقایسه ی سختی در حالت آزمایشی و پیشبینی شده[۶] ۸۲
شکل (۴-۸) اثر خروج از مرکزیت بر نسبت آزمایش به پیشبینی[۶] ۸۳
شکل (۴-۹) تاثیر ضخامت صفحه ستون بر نسبت آزمایش به پیشبینی[۶] ۸۴
شکل (۴-۱۰) انواع اتصالات پای ستون[۶۶] ۸۵
شکل (۴-۱۱) پارامترهای مورد استفاده[۶۶] ۸۷
شکل (۴-۱۲) مجموعه ای از منحنی ها برای تغییرات یک پارامتر[۶۶] ۸۹
شکل (۴-۱۳) مدل های آزمایشگاهی و اجزای محدودی FE [۶۶] ۹۰
شکل (۴-۱۴) منحنی های لنگر – دوران برای مدل های FE و آزمایشگاهی[۶۶] ۹۱
شکل (۴-۱۵) رابطه ی تنش – کرنش فولاد 350W [۶۶] ۹۲
شکل (۴-۱۶) رابطه ی تنش – کرنش برای بتن با مقاومت 30Mpa [۶۶] ۹۳
شکل (۴-۱۷) مدل اصلی FE [۶۶] ۹۴
شکل (۴-۱۸) منحنی لنگر – دوران بر اتصال نوع ۳ با در نظرگیری اثر ضخامت صفحه ستون[۶۶] ۹۶
شکل (۴-۱۹) منحنی لنگر – دوران بر اتصال نوع ۳ با در نظرگیری اثر بار محوری[۶۶] ۹۶
شکل (۴-۲۰) اتصال نوع اول[۱۵] ۱۰۰
شکل (۴-۲۱) اتصال نوع دوم[۱۵] ۱۰۰
شکل (۴-۲۲) اتصال نوع سوم[۱۵] ۱۰۱
شکل (۴-۲۳) منحنی های ($M-\varphi$) و ($C-\varphi$) اتصال پای ستون[۱۵] ۱۰۹
شکل (۴-۲۴) منحنی های ($M-\varphi$) اتصال پای ستون[۱۵] ۱۱۰
شکل (۴-۲۵) منحنی های ($M-\varphi$) اتصال پای ستون[۱۵] ۱۱۱
شکل (۴-۲۶) منحنی های ($M-\varphi$) اتصال پای ستون[۱۵] ۱۱۲
شکل (۴-۲۷) مقایسه ی روش پیشنهادی با نمونه ی آزمایشگاهی آستانه و همکاران(۱۹۹۲)[۱۵] ۱۱۳
شکل (۵-۱) تغییرات سختی دورانی و دوران همراه با تغییر طول میل مهار ۱۲۲
شکل (۵-۲) نمایی از واشر نصب شده در انتهای میل مهارها ۱۲۳
شکل (۵-۳) نمودار تغییرات قطر میل مهارها همراه با تغییرات سختی دورانی و دوران اتصال ۱۲۵
شکل (۵-۴) دو نوع رفتاری متفاوت از اتصال پای ستون[۶۶] ۱۲۶

شکل (۵-۵) روند تغییرات سختی دورانی و دوران اتصال پای ستون وقتی که موقعیت میل مهار تغییر می کند ۱۲۷
شکل (۵-۶) روند تغییرات لنگر تسلیم و نیروی میل مهار وقتی که موقعیت میل مهار تغییر می کند ۱۲۷
شکل (۵-۷) روند تغییرات لنگر تسلیم و طول تنش وقتی که موقعیت میل مهارها تغییر می کند ۱۲۸
شکل (۵-۸) روند تغییرات لنگر تسلیم و دوران تحت افزایش تعداد میل مهار ۱۲۹
شکل (۵-۹) روند تغییرات سختی دورانی و دوران تحت افزایش تعداد میل مهار ۱۳۰
شکل (۵-۱۰) روند تغییرات سختی دورانی و لنگر تسلیم تحت افزایش تعداد میل مهار ۱۳۰
شکل (۵-۱۱) روند تغییرات لنگر تسلیم به همراه سختی دورانی در صورت افزایش ضخامت صفحه ستون ۱۳۲
شکل (۵-۱۲) روند تغییرات دوران به همراه سختی دورانی در صورت افزایش ضخامت صفحه ستون ۱۳۳
شکل (۵-۱۳) روند تغییرات دوران به همراه لنگر تسلیم در صورت افزایش ضخامت صفحه ستون ۱۳۴
شکل (۵-۱۴) روند تغییرات دوران به همراه سختی دورانی در صورت افزایش ابعاد صفحه ستون ۱۳۵
شکل (۵-۱۵) روند تغییرات دوران به همراه سختی دورانی در صورت افزایش ابعاد صفحه ستون ۱۳۵
شکل (۵-۱۶) تغییرات سختی دورانی ۱۳۷
شکل (۵-۱۷) تغییرات دوران اتصال ستون ۱۳۸
شکل (۵-۱۸) تغییرات لنگر تسلیم و نیروی موجود در میل مهارها ۱۳۸
شکل (۶-۱) شکل مودی مدل سازه ای PIN ۱۴۵
شکل (۶-۲) شکل مودی مدل سازه ای SR1 ..... ۱۴۶
شکل (۶-۳) شکل مودی مدل سازه ای SR2 ..... ۱۴۷
شکل (۶-۴) شکل مودی مدل سازه ای SR3 ..... ۱۴۸
شکل (۶-۵) شکل مودی مدل سازه ای SR4 ..... ۱۴۹
شکل (۶-۶) شکل مودی مدل سازه ای SR5 ..... ۱۵۰
شکل (۶-۷) شکل مودی مدل سازه ای FIX ۱۵۲
شکل (۶-۸) محدوده ی مورده مطالعه در تحلیل خطر لرزه ای منطقه[۷۶-۷۷] ۱۵۴
شکل (۶-۹) رکورد زلزله های مصنوعی تولید شده[۸] ۱۵۴
شکل (۶-۱۰) طیف شتابنگاشت های مختلف مورد استفاده در تحلیل ۱۵۵
شکل (۶-۱۱) تغییرات پریود مود اول به همراه پای گیرداری ۱۵۷
شکل (۶-۱۲) تغییرات جرم مودی موثر مود اول به همراه پای گیرداری ۱۵۸

شکل (۶-۱۳) تغییرات ضریب مشارکت مودی مود اول به همراه پای گیرداری..... ۱۵۸
شکل (۶-۱۴) منحنی های ظرفیت مدل سازه ای PIN برای ۳ مود اول..... ۱۵۹
شکل (۶-۱۵) منحنی های ظرفیت مدل سازه ای SR1 برای ۳ مود اول..... ۱۵۹
شکل (۶-۱۶) منحنی های ظرفیت مدل سازه ای SR2 برای ۳ مود اول..... ۱۶۰
شکل (۶-۱۷) منحنی های ظرفیت مدل سازه ای SR3 برای ۳ مود اول..... ۱۶۰
شکل (۶-۱۸) منحنی های ظرفیت مدل سازه ای SR4 برای ۳ مود اول..... ۱۶۰
شکل (۶-۱۹) منحنی های ظرفیت مدل سازه ای SR5 برای ۳ مود اول..... ۱۶۱
شکل (۶-۲۰) منحنی های ظرفیت مدل سازه ای FIX برای ۳ مود اول..... ۱۶۱
شکل (۶-۲۱) مقایسه ی منحنی های ظرفیت برای مدل های مختلف برای مود اول..... ۱۶۳
شکل (۶-۲۲) مقایسه ی منحنی های ظرفیت برای مدل های مختلف برای مود دوم..... ۱۶۳
شکل (۶-۲۳) مقایسه ی منحنی های ظرفیت برای مدل های مختلف برای مود سوم..... ۱۶۳
شکل (۶-۲۴) منحنی دو خطی مدل سازه ی PIN در مود اول..... ۱۶۴
شکل (۶-۲۵) منحنی دو خطی مدل سازه ی SR3 در مود اول..... ۱۶۵
شکل (۶-۲۶) منحنی دو خطی مدل سازه ی FIX در مود اول..... ۱۶۵
شکل (۶-۲۷) تغییرات میرایی رایلی بر حسب فرکانس[۷۹]..... ۱۶۶
شکل (۶-۲۸) تغییرات شکل پذیری به همراه گیرداری..... ۱۶۸
شکل (۶-۲۹) مقایسه ی تغییرمکان حاصل از رکورد زلزله ی چی چی و روش MPA در مدل FIX..... ۱۶۹
شکل (۶-۳۰) مقایسه ی تغییرمکان حاصل از رکورد زلزله ی چی چی و روش MPA در مدل SR5..... ۱۶۹
شکل (۶-۳۱) مقایسه ی تغییرمکان حاصل از رکورد زلزله ی چی چی و روش MPA در مدل SR4..... ۱۶۹
شکل (۶-۳۲) مقایسه ی تغییرمکان حاصل از رکورد زلزله ی چی چی و روش MPA در مدل SR3..... ۱۷۰
شکل (۶-۳۳) مقایسه ی تغییرمکان حاصل از رکورد زلزله ی چی چی و روش MPA در مدل SR2..... ۱۷۰
شکل (۶-۳۴) مقایسه ی تغییرمکان حاصل از رکورد زلزله ی چی چی و روش MPA در مدل SR1..... ۱۷۰
شکل (۶-۳۵) مقایسه ی تغییرمکان حاصل از رکورد زلزله ی چی چی و روش MPA در مدل PIN..... ۱۷۱
شکل (۶-۳۶) جابجایی نسبی طبقات حاصل از رکورد زلزله ی چی – چی و روش MPA در مدل FIX. ۱۷۱
شکل (۶-۳۷) جابجایی نسبی طبقات حاصل از رکورد زلزله ی چی – چی و روش MPA در مدل SR5 ۱۷۱
شکل (۶-۳۸) جابجایی نسبی طبقات حاصل از رکورد زلزله ی چی – چی و روش MPA در مدل SR4 ۱۷۲
شکل (۶-۳۹) جابجایی نسبی طبقات حاصل از رکورد زلزله ی چی – چی و روش MPA در مدلSR3. ۱۷۲
شکل (۶-۴۰) جابجایی نسبی طبقات حاصل از رکورد زلزله ی چی – چی و روش MPA در مدلSR2. ۱۷۲

شکل (۶-۴۱) جابجایی نسبی طبقات حاصل از رکورد زلزله ی چی – چی و روش MPA در مدل SR1 ۱۷۳
شکل (۶-۴۲) جابجایی نسبی طبقات حاصل از رکورد زلزله ی چی – چی و روش MPA در مدل PIN ۱۷۳
شکل (۶-۴۳) تغییرمکان طبقات تحت رکورد زلزله ی چی چی با مدل های سازه ای مختلف ۱۷۵
شکل (۶-۴۴) تغییرمکان طبقات تحت روش MPA با مدل های سازه ای مختلف ۱۷۵
شکل (۶-۴۵) جابجایی نسبی در روش MPA با مدل های گیرداری مختلف تحت رکورد چی – چی ۱۷۶
شکل (۶-۴۶) جابجایی نسبی با مدل های گیرداری مختلف تحت رکورد چی – چی ۱۷۶
شکل (پ-۲-۱) صفحه ستون با لنگر پایین ۱۹۹
شکل (پ-۲-۲) اتصال در شرایط لنگر بالا ۲۰۴
شکل (پ-۲-۳) مقطع بحرانی در اتصال پای ستون ۲۰۷
شکل (پ-۲-۴) اتصال در دو حالت مختلف طراحی ۲۱۶
شکل (پ-۲-۵) تعریف متغیرهای اتصال پای ستون ۲۱۸
شکل (پ-۲-۶) اتصال در حالت خروج از مرکزیت بالا ۲۲۴
شکل (پ-۲-۷) فلوچارت روش RSB و TSB ۲۲۶
شکل (پ-۳-۱) تعیین مقدار K ۲۲۹
شکل (پ-۳-۲) مقایسه ی نحوه ی تشکیل مفاصل پلاستیک (الف)- محل واقعی تشکیل مفاصل (ب)- تخمین محل تشکیل مفاصل با استفاده از تحلیل دینامیکی غیرخطی (ج)- تخمین محل تشکیل مفاصل با استفاده از تحلیل pushover در مود اول[۸۴] ۲۳۳
شکل (پ-۳-۳) (الف)- رابطه ی نیرو – تغییر مکان سازه ی یک درجه آزاد معادل، سمت چپ (ب)- منحنی ظرفیت ایده آل سازی شده، سمت راست[۷۸] ۲۳۵
شکل (پ-۳-۴) تغییرشکل سازه ی یک درجه آزاد معادل[۷۸] ۲۳۶
شکل (پ-۳-۵) منحنی ظرفیت سازه ی ۱۰ طبقه در هر مود ۲۳۹
شکل (پ-۳-۶) منحنی ظرفیت و منحنی دوخطی سازه ی ۱۰ طبقه در مود اول ۲۴۰
شکل (پ-۳-۷) منحنی ظرفیت و منحنی دوخطی سازه ی ۱۰ طبقه در مود دوم ۲۴۰
شکل (پ-۳-۸) منحنی ظرفیت و منحنی دوخطی سازه ی ۱۰ طبقه در مود سوم ۲۴۱
شکل (پ-۳-۹) طیف پاسخ غیرالاستیک تغییرمکان سازه ی یک درجه آزادی معادل با شکل پذیری ثابت و میرایی ۵٪ در مود اول تحت رکورد چی - چی ۲۴۲
شکل (پ-۳-۱۰) نمودار تغییرمکان تاریخچه زمانی سازه ی یک درجه آزاد معادل در مود اول تحت رکورد چی - چی ۲۴۲

شکل (پ-۳-۱۱) طیف پاسخ غیرالاستیک تغییرمکان سازه ی یک درجه آزادی معادل با شکل پذیری ثایت و میرایی ۵٪ در مود دوم تحت رکورد چی - چی..... ۲۴۲
شکل (پ-۳-۱۲) نمودار تغییرمکان تاریخچه زمانی سازه ی یک درجه آزاد معادل در مود دوم تحت رکورد چی - چی..... ۲۴۳
شکل (پ-۳-۱۳) طیف پاسخ غیرالاستیک تغییرمکان سازه ی یک درجه آزادی معادل با شکل پذیری ثایت و میرایی ۷/۵۶٪ در مود سوم تحت رکورد چی - چی..... ۲۴۳
شکل (پ-۳-۱۴) نمودار تغییرمکان تاریخچه زمانی سازه ی یک درجه آزاد معادل در مود سوم تحت رکورد چی - چی..... ۲۴۳
شکل (پ-۳-۱۵) مقایسه ی نتایج تغییرمکان روش MPA با دینامیکی غیرخطی در سازه ی ۱۰ طبقه ۲۴۵
شکل (پ-۳-۱۶) مقایسه ی نتایج جابجایی نسبی روش MPA با دینامیکی غیرخطی در سازه ی ۱۰ طبقه ۲۴۵
شکل (پ-۴-۱) تغییرمکان مدل سازه ای PIN تحت رکورد مصنوعی مطابق شرایط ساختگاهی..... ۲۴۶
شکل (پ-۴-۲) جابجایی نسبی مدل سازه ای PIN تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق شرایط ساختگاهی..... ۲۴۶
شکل (پ-۴-۳) تغییرمکان مدل سازه ای SR1 تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق شرایط ساختگاهی ۲۴۶
شکل (پ-۴-۴) جابجایی نسبی مدل SR1 تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق شرایط ساختگاهی... ۲۴۷
شکل (پ-۴-۵) تغییرمکان مدل سازه ای SR2 تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق شرایط ساختگاهی ۲۴۷
شکل (پ-۴-۶) جابجایی نسبی مدل سازه ای SR2 تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق شرایط ساختگاهی..... ۲۴۷
شکل (پ-۴-۷) تغییرمکان مدل سازه ای SR3 تحت رکورد مصنوعی تولیده شده مطابق شرایط ساختگاهی ۲۴۸
شکل (پ-۴-۸) جابجایی نسبی مدل سازه ای SR3 تحت رکورد مصنوعی تولیده شده مطابق شرایط ساختگاهی..... ۲۴۸
شکل (پ-۴-۹) تغییرمکان مدل سازه ای SR4 تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق شرایط ساختگاهی ۲۴۸
شکل (پ-۴-۱۰) جابجایی نسبی مدل سازه ای SR4 تحت رکورد تولید شده مطابق شرایط ساختگاهی . ۲۴۹
شکل (پ-۴-۱۱) تغییرمکان مدل سازه ای SR5 تحت رکورد تولید شده مطابق شرایط ساختگاهی ۲۴۹

شکل (پ-۴-۱۲) جابجایی نسبی مدل سازه ای SR5 تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق شرایط ساختگاهی ۲۴۹
شکل (پ-۴-۱۳) تغییرمکان مدل سازه ای FIX تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق شرایط ساختگاهی ۲۵۰
شکل (پ-۴-۱۴) جابجایی نسبی مدل سازه ای FIX تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق شرایط ساختگاهی ۲۵۰
شکل (پ-۴-۱۵) تغییرمکان مدل سازه ای PIN تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق رکورد چی - چی ۲۵۰
شکل (پ-۴-۱۶) جابجایی نسبی مدل سازه ای PIN تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق رکورد چی – چی ۲۵۱
شکل (پ-۴-۱۷) تغییرمکان مدل سازه ای SR1 تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق رکورد چی – چی ۲۵۱
شکل (پ-۴-۱۸) جابجایی نسبی مدل سازه ای SR1 تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق رکورد چی – چی ۲۵۱
شکل (پ-۴-۱۹) تغییرمکان مدل سازه ای SR2 تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق رکورد چی – چی ۲۵۲
شکل (پ-۴-۲۰) جابجایی نسبی مدل سازه ای SR2 تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق رکورد چی – چی ۲۵۲
شکل (پ-۴-۲۱) تغییرمکان مدل سازه ای SR2 تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق رکورد چی – چی ۲۵۲
شکل (پ-۴-۲۲) جابجایی نسبی مدل SR3 تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق رکورد چی – چی ۲۵۳
شکل (پ-۴-۲۳) تغییرمکان مدل سازه ای SR4 تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق رکورد چی – چی ۲۵۳
شکل (پ-۴-۲۴) جابجایی نسبی مدل سازه ای SR4 تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق رکورد چی – چی ۲۵۳
شکل (پ-۴-۲۵) تغییرمکان مدل سازه ای SR5 تحت رکورد مصنوعی تولید شده مطابق رکورد چی – چی ۲۵۴