وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

بهسازی لرزه ای قابهای خمشی با مهاربندهای کمانش تاب

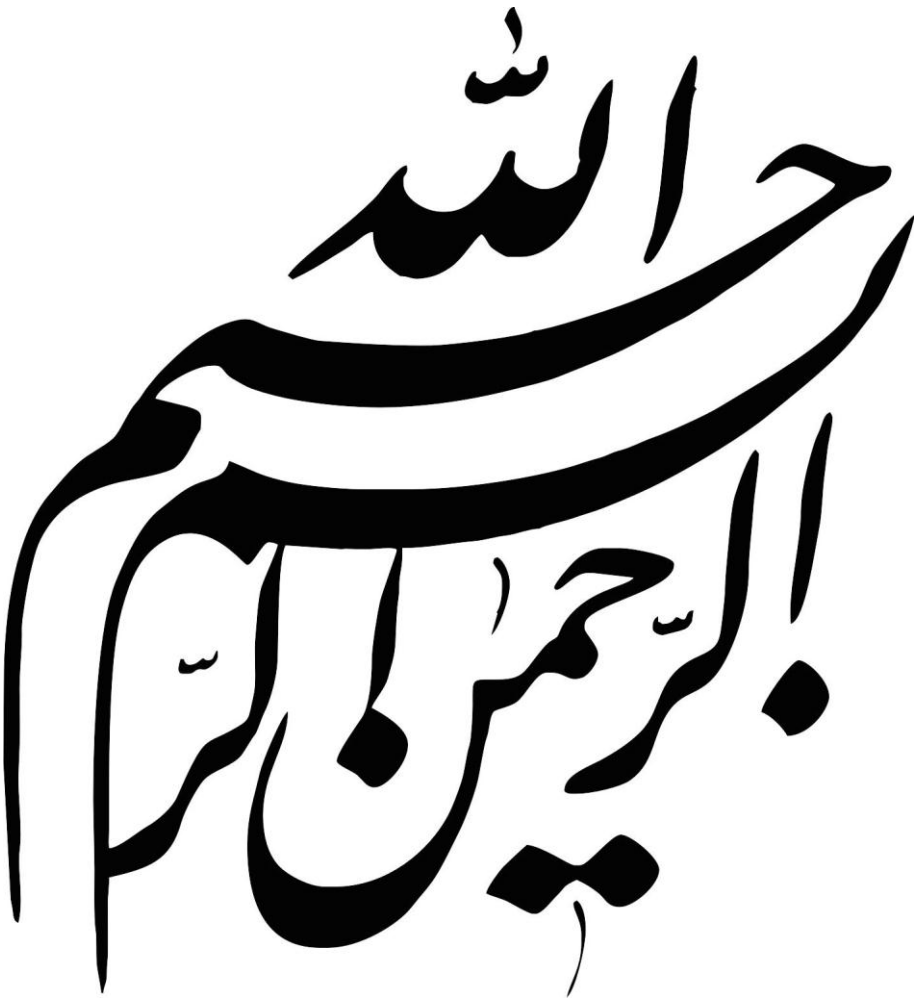
استاد راهنما :

آقای دکتر اردشیر دیلمی

دانشجو :

حسام الدین مهتدی

۱۳۹۰


بسم الله
الرحمن الرحیم

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد

بهسازی لرزه ای قابهای خمشی با مهاربندهای کمانش تاب

استاد راهنما :

آقای دکتر اردشیر دیلمی

دانشجو :

حسام الدین مهتدی

۱۳۹۰

۳۹/۷۷/۲۵

عربه:
شماره: ۵۴۹/۱۷۶۷
پیوست: ---

دانشگاه تفرش

مدیریت تحصیلات تکمیلی

صورتجلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

نام و نام خانوادگی : حسام الدین مهتدی شماره دانشجویی : ۸۷۳۱۲۲۰۰۹ دانشکده : مهندسی عمران

رشته تحصیلی/گرایش : مهندسی عمران/ سازه

عنوان پروژه : بهسازی لرزه ای قابهای خمشی به کمک مهاربند های کمانش تاب

تعداد واحد : ۶ تاریخ تصویب : ۸۹/۰۲/۲۰ تاریخ دفاع : ۹۰/۰۶/۳۱

نمره نهایی : به عدد : ۲۰ به حروف : بیست

استاد راهنمای اول	دکتر اردشیر دیلمی	استادیار	دانشگاه صنعتی امیر کبیر	
استاد راهنمای دوم	دکتر افشین مصلحی تبار	استادیار	دانشگاه تفرش	
داور خارجی	دکتر تورج تقی خانی	استادیار	دانشگاه صنعتی امیر کبیر	
داور داخلی	دکتر محمد قاسم سحاب	استادیار	دانشگاه تفرش	
نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر محمد قاسم سحاب	استادیار	دانشگاه تفرش	

رئیس دانشکده : دکتر محمد قاسم سحاب

امضاء :

تاریخ : ۹۰/۷/۲۱

مهر :

دانشگاه تفرش
گروه مهندسی عمران

مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه : دکتر حمید رضا دهقانپور

امضاء :

تاریخ : ۹۰/۷/۲۵

مهر :

دانشگاه تفرش
اداره کل تحصیلات تکمیلی

تقدیر و تشکر

هر نفسی که فرو می‌رود ممدّ حیات است و چون برمی‌آید مفرح ذات.

از دست و زبان که برآید کز عهده شکرش به در آید

به رسم حق شناسی، کمال قدردانی و سپاس خود را نسبت به بصیرت، راهنمایی و هدایت مشفقانه استاد بزرگوارم دکتر دیلمی اعلام می‌کنم. دستتان را می‌بوسم و در این روزهای عزیز ماه رمضان برایتان عزت جاودان مسئلت دارم.

همچنین از مناعت طبع و حمایت علمی بی‌دریغ دوست ارزشمندم مهندس یاسر اسماعیلی در مدت انجام این پژوهش، بی‌نهایت سپاسگزارم.

کلمات نمی‌تواند سپاسم را از مهربانی، پشتیبانی و دعای خانواده ابراز کند. تشکر می‌کنم از مادر و پدر عزیزم به خاطر حمایت‌های همیشگی از دوران کودکی و از امیرحسین که همیشه بهترین برادر بوده است.

هستیم همه مدیون شماست و امیدوارم این پیشکش ناچیز را بپذیرید.

چکیده

قابهای خمشی بعنوان یکی از رایج ترین سیستم های مقاوم جانبی، انعطاف پذیری مناسبی در برابر طرح های معماری دارند. شکل پذیری و استهلاک انرژی مناسب و تعدیل نیروهای کششی و فشاری سنگین به شالوده از دیگر مزایای این سیستم محسوب می شود. اما این قابها هنگام وقوع زلزله های شدید متحمل جابجایی های زیادی می شوند. لذا لازمست محدودیت هایی بر دریفت طبقات که مسبب اصلی بروز مشکلاتی نظیر شکست ترد یا شکل پذیر اتصالات است، در نظر گرفته شود.

مهاربند کمانش تاب سیستم ثبت شده مبتکرانه ایست که در آن از کمانش مهاربند تحت بار فشاری جلوگیری می شود. بدین ترتیب امکان اینکه مهاربند در فشار نیز همچون کشش به تسلیم برسد فراهم می شود. پیامد این مسئله ایجاد رفتار هیسترزیس پایدار بدون افت مقاومت وسختی و حصول ظرفیت بالای استهلاک انرژی است. بکارگیری این مهاربندها سبب می شود المانهای اصلی سازه در حین وقوع زلزله در محدوده الاستیک باقی بمانند و آسیب در مهاربندها متمرکز شود. علاوه بر این از ایجاد نیروی نامتعادل عمودی بزرگ در تیر در پیکر بندیهای با مهاربند شورن جلوگیری می گردد.

در این پژوهش، ۹ قاب خمشی متوسط فولادی که به دلیل سختی جانبی ناکافی، محدودیت دریفت طبقات مجاز آیین نامه ای را ارضاء نمی کنند و همچنین پاسخگوی سطح عملکرد ایمنی جانی تحت زلزلهٔ مبنای طرح نیستند، توسط مهاربندهای کمانش تاب مقاوم سازی می شوند. ارزیابی عملکرد سازه ها با استفاده از تحلیل دینامیکی غیر خطی و توسط نرم افزار *PERFORM 3D* صورت می گیرد. پارامترهای متغیر در این تحقیق، طول دهانه و تعداد طبقات قابها در نظر گرفته شده است. نتایج بهسازی انجام شده حاکی از این است که بازده فرایند بهسازی از جهت کاهش دریفت طبقات، در سازه های بلند مرتبه بیشتر است. از سوی دیگر درصد افزایش برش پایه ضمن فرایند بهسازی، در سازه های بلند مرتبه مقدار کمتری دارد. مقاوم سازی سازه ها باعث می شود بخشی از نیروی برشی در هر طبقه توسط مهاربندها تحمل شود. درصد کاهش برش ستونها در طبقه اول قاب، با افزایش تعداد طبقات قاب ها دچار افزایش می شود. اما بطور کلی نمی توان اظهار نظری در خصوص مناسب تر بودن فرایند بهسازی انجام شده برای یک طول دهانهٔ خاص نمود؛ با این وجود کاهش دریفت طبقات در سازه های هم طبقه با طول دهانه های متفاوت بسیار نزدیک به هم می باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده..... أ
فهرست مطالب..... ب
فهرست شکل‌ها..... خ
فهرست جداول..... ر
پیشگفتار..... ش
فصل اول: چشم انداز سیستم های مقاوم جانبی با رخ نمایی مهاربند کمانش تاب ۱
۱-۱ مقدمه..... ۱
۱-۲ لرزه خیزی ایران..... ۱
۱-۳ سیستم های مقاوم جانبی..... ۲
۱-۴ ضرورت پیدایش و مزایای کاربرد مهاربندهای کمانش تاب..... ۳
۱-۵ مهاربند کمانش تاب : میراگر مکمل یا سیستم اصلی باربر جانبی ؟..... ۵
۱-۶ چالش های پیش روی مهاربند های کمانش تاب..... ۶
فصل دوم: معرفی مهاربندهای کمانش تاب ۸
۲-۱ مقدمه..... ۸
۲-۲ گسترش BRB ها..... ۱۰
۲-۲-۱ اجزای تشکیل دهنده BRB..... ۱۰
۲-۲-۲ پیکر بندیهای BRB..... ۱۱
۲-۲-۳ مهاربند غیر چسبیده سخت شده با لوله فولادی مربعی و ملات..... ۱۳
۲-۲-۴ آزمایشات بر روی معیار ممانعت کننده از کمانش سرتاسری BRB های پانلی..... ۱۳
۲-۳ برخی ایده های کلیدی و تحلیل BRB ها..... ۱۵
۲-۳-۱ شکاف و فرایند غیر چسبنده سازی میان مهاربند هسته و عضو پوششی..... ۱۵
۲-۳-۲ اجازه انقباض در پیش آمدگی مهاربند..... ۱۶
۲-۳-۳ پیش آمدگی BRB و اتصال با قاب..... ۱۷
۲-۳-۴ آزمایش خستگی بر روی مهاربندهای غیر چسبنده..... ۱۸
۲-۴ تحلیل کمانش..... ۱۸
۲-۴-۱ کمانش کلی مهاربند..... ۱۸
۲-۴-۲ کمانش هسته در مدهای بالاتر..... ۲۱
۲-۴-۳ کمانش پیچشی پلاستیک در طول انتهایی مقید نشده بادبند..... ۲۱
۲-۵ رفتار هیسترتیک مهاربند مقاوم درکمانش..... ۲۲
۲-۶ تخمین پاسخ سازه به زلزله..... ۲۴
۲-۷ ضوابط طراحی پیشنهادی BRBF ها..... ۲۶
۲-۷-۱ مقدمه..... ۲۶
۲-۷-۲ پروتکل آزمایشی توصیفی..... ۲۷
۲-۷-۳ روش طراحی قابهای مهاربندی شده کمانش تاب..... ۲۸

فصل سوم: تحقیقات مرتبط پیشین ۳۱
Yoshino 1971 ..... ۳۱
Wakabayashi 1973 ..... ۳۱
Kimura 1976 ..... ۳۲
Mochizuki 1980 ..... ۳۳
Watanabe 1988 ..... ۳۳
Fujimoto 1988 ..... ۳۳
Nagao 1990 ..... ۳۳
Inoue & Sawaisumi 1992 ..... ۳۴
Clark 1999 ..... ۳۴
Tremblay 1999 ..... ۳۴
Sabelli 2001 ..... ۳۵
Tremblay and Bouatay 2002 ..... ۳۶
Black 2002 ..... ۳۶
Higgins & Newell 2002 ..... ۳۷
Aiken 2002 ..... ۳۷
Iwata 2000 and 2003 ..... ۳۹
Usami 2003 ..... ۴۰
Merritt 2003 ..... ۴۰
Fahnestock 2003 ..... ۴۱
Tsai 2003 ..... ۴۲
Mayes 2004 ..... ۴۴
Kim 2004 ..... ۴۵
Christopulos 2005 ..... ۴۶
Kiggins 2006 ..... ۴۸
Romero 2007 ..... ۴۸
Coy 2007 ..... ۴۹
Kumar 2007 ..... ۵۰
Prinz 2008 ..... ۵۰
Di Sarno 2009 ..... ۵۰
Shokrgozar HR 2009 ..... ۵۱
Andrews 2009 ..... ۵۱
Ju 2009 ..... ۵۲
Ding 2009 ..... ۵۲
Kim-Park-Shin-Won Min 2009 ..... ۵۲
Kim 2009 ..... ۵۳

Fahnestock 2010 ۵۴
امیرپیمان زندی - حمید سلطانی محمدی ۱۳۸۴ ۵۵
مهدی دهقانی رنانی - سید مهدی زهرایی ۱۳۸۴ ۵۵
علیرضا رضائیان - محمد قاسم وتر ۱۳۸۵ ۵۵
مهدی افتخاری - سید مهدی زهرایی ۱۳۸۵ ۵۶
امیرکاری - مهدی قاسمیه ۱۳۸۷ ۵۶
امیرحسین سلمانپور - فریدون اربابی ۱۳۸۷ ۵۷
ناصر امیرحصاری - بهروز عسگریان ۱۳۸۷ ۵۷
حمیدرضا جوکار - محمد فروغی - نادر عبدلی ۱۳۸۸ ۵۷
محمد شفیعیان - امیر پیمان زندی - مسعود میرطاهری ۱۳۸۸ ۵۸
سید مصطفی شارع - منصور قلعه نوی - ناصر شابختی ۱۳۸۸ ۵۸
محمد ابراهیم شمشادیان - داود وفایی - سید مهدی زهرایی و جاوید وفایی ۱۳۸۹ ۵۸
یاسر اسماعیلی - اردشیر دیلمی ۱۳۸۹ ۵۹
حمزه یار احمدی - محمد قاسم سحاب ۱۳۹۰ ۵۹
مسلم گریوانی - افشین مصلحی تبار ۱۳۹۰ ۶۰
فصل چهارم: طراحی و بهسازی سازه ها بر اساس عملکرد ۶۱
۴-۱ کلیات ۶۱
۴-۲ لزوم طرح سازه ها بر اساس عملکرد ۶۱
۴-۳ مقدمه ای بر طراحی سازه ها بر اساس عملکرد و آیین نامه های مربوطه ۶۲
۴-۴ تعیین سطوح عملکرد بر اساس دستورالعمل بهسازی ۶۳
۴-۴-۱ مقدمه ۶۳
۴-۴-۲ سطوح عملکرد ساختمان ۶۳
۴-۴-۲-۱ سطوح عملکرد اجزای سازه ای ۶۳
۴-۴-۲-۲ سطوح عملکرد اجزای غیر سازه ای ۶۴
۴-۴-۲-۳ سطوح هدف عملکرد ساختمان ۶۴
۴-۴-۳ احتمال رویداد سطوح مختلف زلزله ۶۵
۴-۴-۴ سطوح بهسازی بر اساس دستورالعمل بهسازی ۶۵
۴-۵ مبانی تئوری طراحی بر اساس عملکرد ۶۷
۴-۵-۱ رفتار اعضای سازه ای با توجه به منحنی نیرو- تغییر شکل ۶۷
۴-۵-۲ مقاومت مصالح ۶۸
۴-۵-۳ ظرفیت اجزای سازه ۶۸
۴-۵-۴ ضریب آگاهی ۶۹
۴-۶ روش های غیر خطی تحلیل سازه ۷۰
۴-۶-۱ تحلیل استاتیکی غیرخطی ۷۰
۴-۶-۲ تحلیل دینامیکی غیرخطی ۷۲
۴-۷ معیارهای پذیرش برای روش های غیر خطی ۷۵

۴-۸ بهسازی سازه های فولادی ۷۶
۴-۸-۱ ملزومات و فرضیات طراحی ۷۶
۴-۸-۱-۱ سختی ۷۶
۴-۸-۱-۲ مقاومت ۷۷
۴-۸-۲ قابهای خمشی فولادی ۷۸
فصل پنجم: معرفی نرم افزار PERFORM 3D ۸۰
۵-۱ کلیات ۸۰
۵-۲ معرفی نرم افزار ۸۰
۵-۳ منحنی F-D در PERFORM و دستورالعمل بهسازی ۸۱
۵-۴ روشهای غیر خطی مدل سازی المان های تیر و ستون ۸۳
۵-۴-۱ مدلسازی تیرهای غیر الاستیک ۸۳
۵-۴-۱-۱ مفاصل پلاستیک ۸۳
۵-۴-۱-۲ انواع المان تیر ۸۵
۵-۴-۲ مدلسازی ستون های غیر الاستیک ۸۷
۵-۵ مدلسازی BRB با سخت شدگی ایزوتروپیک ۸۸
۵-۶ مدل میرایی ۸۹
۵-۷ استهلاک انرژی ۹۱
۵-۸ حالات حدی و ارزیابی عملکرد ۹۱
فصل ششم: تعیین مقاطع طراحی توسط نرم افزار ETABS ۹۲
۶-۱ کلیات ۹۲
۶-۲ معرفی پروژه ۹۲
۶-۳ بارگذاری ۹۳
۶-۳-۱ بارگذاری ثقلی ۹۳
۶-۳-۲ بارهای جانبی ۱۰۰
۶-۳-۲-۱ تعیین وزن محاسباتی طبقات ۱۰۰
۶-۳-۲-۲ تنظیم اطلاعات ۱۰۱
۶-۳-۲-۳ برآورد نیروهای جانبی ۱۰۱
۶-۴ طراحی مدل ها ۱۰۴
۶-۴-۱ سازه های ۳ طبقه ۱۰۵
۶-۴-۲ سازه های ۶ طبقه ۱۰۶
۶-۴-۳ سازه های ۹ طبقه ۱۰۸
فصل هفتم: تحلیل دینامیکی غیرخطی قابهای خمشی ۱۱۱
۷-۱ کلیات ۱۱۱
۷-۲ مدلسازی ۱۱۱
۷-۳ رکوردهای مورد استفاده در آنالیز ۱۱۳
۷-۴ مقیاس کردن رکوردهای انتخابی ۱۱۴

۷-۵ آنالیز دینامیکی غیر خطی قابهای خمشی ۱۱۸
۷-۶ نتایج آنالیز دینامیکی غیر خطی ۱۱۸
فصل هشتم: بهسازی سازه های مورد مطالعه با مهاربندهای کمانش تاب ۱۳۷
۸-۱ کلیات ۱۳۷
۸-۲ لزوم بهسازی سازه های مورد مطالعه ۱۳۷
۸-۳ روش پیشنهادی برای بهسازی سازه ها ۱۳۸
۸-۴ نحوهٔ طراحی مهاربندهای کمانش تاب ۱۳۹
فصل نهم: تحلیل دینامیکی غیر خطی قابهای خمشی بهسازی شده ۱۴۷
۹-۱ کلیات ۱۴۷
۹-۲ مدلسازی مهاربندهای کمانش تاب ۱۴۷
۹-۳ مقیاس کردن رکوردهای مورد استفاده ۱۴۸
۹-۴ نتایج تحلیل دینامیکی غیر خطی سازه های بهسازی شده ۱۵۲
فصل دهم: مقایسه ، نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۷۰
۱۰-۱ کلیات ۱۷۰
۱۰-۲ مقایسهٔ نتایج مربوط به کنترل تغییر شکل اعضا ۱۷۰
۱۰-۳ مقایسهٔ نتایج مربوط به دریفت طبقات ۱۷۲
۱۰-۴ مقایسهٔ نتایج مربوط به برش طبقات ۱۷۹
۱۰-۵ نتیجه گیری ۱۸۶
۱۰-۶ پیشنهادات برای پژوهش های آتی ۱۸۷

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱- اتلاف انرژی در (a)مهاربندی هم مرکز و(b)مهاربندی کمانش تاب تحت بارگذاری سیکلیک..... ۴
شکل ۱-۲- کاربرد BRB ها در ساختمان های فولادی مرتفع از ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ در ژاپن..... ۶
شکل ۱-۳- آمار ساختمان فولادی مرتفع در ژاپن در سال ۲۰۰۰ : (a) درصد ۳ نوع میراگر ؛ (b) درصد نیروی افقی حمل شده توسط BRB..... ۶
شکل ۱-۴- رابطه بار - تغییر شکل سازه با BRB..... ۷
شکل ۲-۱- رفتار مهاربندهای کمانش تاب و مرسوم..... ۹
شکل ۲-۲- شمای کلی مهاربند کمانش تاب..... ۹
شکل ۲-۳- اجزای تشکیل دهندهٔ BRB..... ۱۰
شکل ۲-۴- فاصلهٔ بین ملات و قسمت تسلیم شده..... ۱۱
شکل ۲-۵- کاتالوگ مهاربندهای کمانش تاب (a)پیکربندی متعارف (b) BRB پانلی..... ۱۲
شکل ۲-۶- عکس هایی از مهاربندهای کمانش تاب : (a) BRB لوله ای نمونه (b) BRB پانلی..... ۱۲
شکل ۲-۷- سطح مقطع BRB ها..... ۱۲
شکل ۲-۸- ابعاد و سطح مقطع نمونه ها و نتایج..... ۱۳
شکل ۲-۹- آزمایش BRB پانلی:(a) نمونه و سیستم بارگذاری(b) اتصال بین ورق فولادی و پانل پیش ساخته بتنی۱۴
شکل ۲-۱۰- توزیع نیروی سخت کنندگی و لنگر خمشی در کمانش سرتاسری (نمونه ۱) (a) توزیع نیروی سخت کنندگی (b) توزیع لنگر خمشی پانل پیش ساخته بتنی..... ۱۴
شکل ۲-۱۱- مکانیسم جذب تغییرشکل و اجازه انقباض در مهاربند پانلی Pca..... ۱۶
شکل ۲-۱۲- مکانیسم جذب تغییرشکل و اجازه انقباض درBRB های سخت شده با ورق..... ۱۶
شکل ۲-۱۳- تسلیح در پیش آمدگیهای BRB (a) : BRB پانلی ؛ (b) BRB لوله ای..... ۱۷
شکل ۲-۱۴- اتصالات بین BRB ها و قاب ها..... ۱۷
شکل ۲-۱۵- نیرو و تغییر شکل BRB..... ۱۹
شکل ۲-۱۶- معیارهای مقاومت کمانشی (a)تیوب پیرامونی به شکل مربع(b) به فرم کلی..... ۲۱
شکل ۲-۱۷- مقایسه رفتار سیکلی حاصل از معادله بوچ ـ ون با نتایج حاصل از آزمایش..... ۲۳
شکل ۲-۱۸- مقایسه رفتار سیکلی حاصل از معادله بوچ ـ ون اصلاح شده با نتایج حاصل از زلزله..... ۲۳
شکل ۲-۱۹- شمای سازه یک درجه آزادی با مهاربندهای مقاوم در کمانش..... ۲۴
شکل ۲-۲۰- طیف دریفت و برش پایه برای سازه یک درجه آزادی خطی با مهاربندهای کمانش تاب تحت زلزله سانفرناندو ۱۹۷۱ در دو حالت مدل بوچ ون و مدل دو خطی..... ۲۵
شکل ۲-۲۱- پروتکل تغییر مکان BRB..... ۲۷
شکل ۲-۲۲- منحنی backbone یک BRB نمونه..... ۲۹
شکل ۳-۱- نصب آزمایش مهاربند کمانش تاب و منحنی هیسترزیس آن..... ۳۲
شکل ۳-۲– آزمایش قاب مهاربند کمانش تاب X شکل و منحنی هیسترزیس آن..... ۳۲
شکل ۳-۳- نصب آزمایش[Aiken2002 و همکاران] : (a)آزمایش ۱ ؛ (b) آزمایش۲ و ۳..... ۳۸
شکل ۳-۴- (a) پلان ساختمان، (b) پلان و(c) نمای قاب آزمایشی Tsai..... ۴۲
شکل ۳-۵- اضافه نمودن سخت کننده ها و مهاربندهای خارج از صفحه پس از تست ۴..... ۴۳

شکل ۳-۶- تغییر شکل در(a)اتصال تیر-ستون-مهاربند طبقه سوم (b)تیر طبقه سوم طی فاز ۱..... ۴۳
شکل ۳-۷- (a) نصب کامل آزمایش (b) قاب آزمایش..... ۴۷
شکل ۳-۸- تشکیل مفصل در آزمایش BRB مرجع..... ۴۷
شکل ۳-۹- قاب آزمایشی Coy و همکاران..... ۴۹
شکل ۴-۱- سه نوع منحنی نیرو-تغییر شکل..... ۶۷
شکل ۴-۲- منحنی ساده‌شده نیرو –تغییرمکان..... ۷۱
شکل ۴-۳- معیارهای پذیرش برای اعضای اصلی(p=primary) وغیراصلی(s=secondary)..... ۷۵
شکل ۴-۴- منحنی نیرو- تغییرشکل تعمیم یافته برای اعضا و اجزای فولادی..... ۷۶
شکل ۴-۵- تعریف چرخش عضو..... ۷۶
شکل ۵-۱- منحنی نیرو - تغییرشکل در نرم افزار PERFORM..... ۸۲
شکل ۵-۲- منحنی نیرو-تغییر شکل در دستور العمل بهسازی..... ۸۲
شکل ۵-۳- مفصل صلب- پلاستیک..... ۸۳
شکل ۵-۴- مفصل انحنایی..... ۸۴
شکل ۵-۵- مشخصات مورد نیاز در مفصل صلب-پلاستیک..... ۸۴
شکل ۵-۶- تعریف شماتیک مدل دوران وتری..... ۸۵
شکل ۵-۷- مدل مفصل پلاستیک..... ۸۶
شکل ۵-۸- مدل ناحیهٔ پلاستیک..... ۸۶
شکل ۵-۹- مدل المان محدود پرجزئیات..... ۸۷
شکل ۵-۱۰- سطح تسلیم P-M-M فولادی..... ۸۸
شکل ۵-۱۱- مفهوم فیزیکی میرایی..... ۹۰
شکل ۵-۱۲- تغییرات نسبت میرایی با دوره تناوب..... ۹۰
شکل ۶-۱- نمایش جهت تیرریزی و قاب مورد مطالعه در سازه ها..... ۹۳
شکل ۶-۲- قاب ۳ طبقهٔ ۴ متری..... ۱۰۵
شکل ۶-۳- قاب ۳ طبقهٔ ۵ متری..... ۱۰۵
شکل ۶-۴- قاب ۳ طبقهٔ ۶ متری..... ۱۰۶
شکل ۶-۵- قاب ۶ طبقهٔ ۴ متری..... ۱۰۶
شکل ۶-۶- قاب ۶ طبقهٔ ۵ متری..... ۱۰۷
شکل ۶-۷- قاب ۶ طبقهٔ ۶ متری..... ۱۰۷
شکل ۶-۸- قاب ۹ طبقهٔ ۴ متری..... ۱۰۸
شکل ۶-۹- قاب ۹ طبقهٔ ۵ متری..... ۱۰۹
شکل ۶-۱۰- قاب ۹ طبقهٔ ۶ متری..... ۱۱۰
شکل ۷-۱- (a) المان تیر (b) المان ستون در طبقهٔ اول (c) المان ستون در سایر طبقات..... ۱۱۲
شکل ۷-۲- طیف SRSS رکوردها قبل و بعد از مقیاس شدن برای سازه های ۳ طبقه..... ۱۱۵
شکل ۷-۳- طیف SRSS رکوردها قبل و بعد از مقیاس شدن برای سازه های ۶ طبقه..... ۱۱۶
شکل ۷-۴- طیف SRSS رکوردها قبل و بعد از مقیاس شدن برای سازه های ۹ طبقه..... ۱۱۷
شکل ۷-۵- Usage Ratio برای (a)تیرها و (b) ستونهای سازهٔ 3st-4m در سطح عملکرد LS..... ۱۲۷

شکل ۷-۶- Usage Ratio برای (a) تیرها و (b) ستونهای سازۀ 3st-5m در سطح عملکرد LS..... ۱۲۸
شکل ۷-۷- Usage Ratio برای (a) تیرها و (b) ستونهای سازۀ 3st-6m در سطح عملکرد LS..... ۱۲۹
شکل ۷-۸- Usage Ratio برای (a) تیرها و (b) ستونهای سازۀ 6st-4m در سطح عملکرد LS..... ۱۳۰
شکل ۷-۹- Usage Ratio برای (a) تیرها و (b) ستونهای سازۀ 6st-5m در سطح عملکرد LS..... ۱۳۱
شکل ۷-۱۰- Usage Ratio برای (a) تیرها و (b) ستونهای سازۀ 6st-6m در سطح عملکرد LS..... ۱۳۲
شکل ۷-۱۱- Usage Ratio برای (a) تیرها و (b) ستونهای سازۀ 9st-4m در سطح عملکرد LS..... ۱۳۳
شکل ۷-۱۲- Usage Ratio برای (a) تیرها و (b) ستونهای سازۀ 9st-5m در سطح عملکرد LS..... ۱۳۴
شکل ۷-۱۳- Usage Ratio برای (a) تیرها و (b) ستونهای سازۀ 9st-6m در سطح عملکرد LS..... ۱۳۵
شکل ۸-۱- خصوصیات رویکردهای مداخله کلی دربهسازی لرزه ای سازه ها..... ۱۳۹
شکل ۹-۱- پارامترهای لازم در معرفی رفتار BRB..... ۱۴۸
شکل ۹-۲- طیف های SRSS رکوردها قبل و بعد از مقیاس شدن برای سازه های ۳ طبقۀ بهسازی شده..... ۱۴۹
شکل ۹-۳- طیف های SRSS رکوردها قبل و بعد از مقیاس شدن برای سازه های ۶ طبقۀ بهسازی شده..... ۱۵۰
شکل ۹-۴- طیف های SRSS رکوردها قبل و بعد از مقیاس شدن برای سازه های ۹ طبقۀ بهسازی شده..... ۱۵۱
شکل ۹-۵- نسبت های تقاضا به ظرفیت تغییر شکل برای المانهای (a) تیر و (b) ستون در سازه 3st-4m..... ۱۶۰
شکل ۹-۶- نسبت های تقاضا به ظرفیت تغییر شکل برای المانهای (a) تیر و (b) ستون در سازه 3st-5m..... ۱۶۱
شکل ۹-۷- نسبت های تقاضا به ظرفیت تغییر شکل برای المانهای (a) تیر و (b) ستون در سازه 3st-6m..... ۱۶۲
شکل ۹-۸- نسبت های تقاضا به ظرفیت تغییر شکل برای المانهای (a) تیر و (b) ستون در سازه 6st-4m..... ۱۶۳
شکل ۹-۹- نسبت های تقاضا به ظرفیت تغییر شکل برای المانهای (a) تیر و (b) ستون در سازه 6st-5m..... ۱۶۴
شکل ۹-۱۰- نسبت های تقاضا به ظرفیت تغییر شکل برای المانهای (a) تیر و (b) ستون در سازه 6st-6m..... ۱۶۵
شکل ۹-۱۱- نسبت های تقاضا به ظرفیت تغییر شکل برای المانهای (a) تیر و (b) ستون در سازه 9st-4m..... ۱۶۶
شکل ۹-۱۲- نسبت های تقاضا به ظرفیت تغییر شکل برای المانهای (a) تیر و (b) ستون در سازه 9st-5m..... ۱۶۷
شکل ۹-۱۳- نسبت های تقاضا به ظرفیت تغییر شکل برای المانهای (a) تیر و (b) ستون در سازه 9st-6m..... ۱۶۸
شکل ۱۰-۱- کاهش بیشینه نسبت تقاضا به ظرفیت تغییر شکل در تیرها و ستونهای سازه های مختلف..... ۱۷۱
شکل ۱۰-۲- مقایسۀ دریفت طبقات در قابهای خمشی و قابهای مهاربندی شدۀ کمانش تاب برای سازه های ۳ طبقه..... ۱۷۳
شکل ۱۰-۳- مقایسۀ دریفت طبقات در قابهای خمشی و قابهای مهاربندی شدۀ کمانش تاب برای سازه های ۶ طبقه..... ۱۷۴
شکل ۱۰-۴- مقایسۀ دریفت طبقات در قابهای خمشی و قابهای مهاربندی شدۀ کمانش تاب برای سازه های ۹ طبقه..... ۱۷۵
شکل ۱۰-۵- مقایسۀ دریفت در قابهای خمشی هم طبقه($\mu+\sigma$)..... ۱۷۶
شکل ۱۰-۶- مقایسۀ دریفت در قابهای بهسازی شدۀ هم طبقه($\mu+\sigma$)..... ۱۷۷
شکل ۱۰-۷- برش طبقات قبل و بعد از بهسازی در قابهای ۳ طبقه..... ۱۸۰
شکل ۱۰-۸- برش طبقات قبل و بعد از بهسازی در قابهای ۶ طبقه..... ۱۸۱
شکل ۱۰-۹- برش طبقات قبل و بعد از بهسازی در قابهای ۹ طبقه..... ۱۸۲
شکل ۱۰-۱۰- مقایسۀ برش در قابهای خمشی هم طبقه..... ۱۸۳
شکل ۱۰-۱۱- مقایسۀ برش در قابهای بهسازی شدۀ هم طبقه..... ۱۸۴

فهرست جداول

جدول ۲-۱- پارامترهای استفاده شده در مدل بوچ ـ ون..... ۲۳
جدول ۲-۲- فاکتورها و ضرایب طراحی برای سیستمBRBF [AISC 2005]..... ۲۶
جدول ۳-۱- نتایج تحلیل تاریخچه زمانیBRBF [Sabelli2001]..... ۳۵
جدول ۳-۲- تقاضاهای شکل پذیری آزمایشاتیBRB [Black 2002 و همکاران]..... ۳۶
جدول ۳-۳- تقاضاهای آزمایشی ریز مونتاژBRBF [Aiken 2002 و همکاران]..... ۳۸
جدول ۳-۴- نتایج تحلیل تاریخچه زمانی قابهای مهاربندی شده کمانش تاب [Iwata 2003 و همکاران]..... ۴۰
جدول ۳-۵- تقاضاهای شکل پذیری آزمایشیBRB [Iwata 2000,2003 و همکاران]..... ۴۰
جدول ۳-۶- تقاضاهای شکل پذیری آزمایشیBRB [Merritt 2003 و همکاران]..... ۴۱
جدول ۳-۷- نتایج تحلیل تاریخچه زمانیBRBF [Mayes 2004 و همکاران]..... ۴۵
جدول ۴-۱- سطوح بهسازی مطابق دستورالعمل بهسازی..... ۶۵
جدول ۴-۲- تعیین نوع رفتار اعضا با توجه به نوع سیستم سازه ای..... ۶۸
جدول ۴-۳- تعیین ضریب آگاهی..... ۶۹
جدول ۴-۴- کاربرد ضریب آگاهی در محاسبه ظرفیت اعضای کنترل شونده توسط نیرو و تغییر شکل..... ۶۹
جدول ۴-۵- ظرفیت تغییر شکل تیر و ستون در خمش بر اساس دستورالعمل بهسازی..... ۷۹
جدول ۶-۱- وزن واحد سطح دیوارهای سازه..... ۹۳
جدول ۶-۲- کاهش بار زنده بر اساس طبقات مجاز..... ۹۴
جدول ۶-۳- ضریب کاهش بار زندهٔ ستونها در سازهٔ ۳ طبقهٔ ۴ متری..... ۹۴
جدول ۶-۴- ضریب کاهش بار زندهٔ ستونها در سازهٔ ۳ طبقهٔ ۵ متری..... ۹۴
جدول ۶-۵- ضریب کاهش بار زندهٔ ستونها در سازهٔ ۳ طبقهٔ ۶ متری..... ۹۵
جدول ۶-۶- ضریب کاهش بار زندهٔ ستونها در سازهٔ ۶ طبقهٔ ۴ متری..... ۹۵
جدول ۶-۷- ضریب کاهش بار زندهٔ ستونها در سازهٔ ۶ طبقهٔ ۵ متری..... ۹۶
جدول ۶-۸- ضریب کاهش بار زندهٔ ستونها در سازهٔ ۶ طبقهٔ ۶ متری..... ۹۶
جدول ۶-۹- ضریب کاهش بار زندهٔ ستونها در سازهٔ ۹ طبقهٔ ۴ متری..... ۹۷
جدول ۶-۱۰- ضریب کاهش بار زندهٔ ستونها در سازهٔ ۹ طبقهٔ ۵ متری..... ۹۸
جدول ۶-۱۱- ضریب کاهش بار زندهٔ ستونها در سازهٔ ۹ طبقهٔ ۶ متری..... ۹۹
جدول ۶-۱۲- وزن لرزه ای طبقات و بام برای دهانه های مختلف..... ۱۰۰
جدول ۶-۱۳- محاسبه برش پایه و نیروی شلاقی در سازه های ۶ طبقه..... ۱۰۱
جدول ۶-۱۴- نیروهای جانبی در سازهٔ ۶ طبقهٔ ۴ متری..... ۱۰۲
جدول ۶-۱۵- نیروهای جانبی در سازهٔ ۶ طبقهٔ ۵ متری..... ۱۰۲
جدول ۶-۱۶- نیروهای جانبی در سازهٔ ۶ طبقهٔ ۶ متری..... ۱۰۲
جدول ۶-۱۷- محاسبه برش پایه و نیروی شلاقی در سازه های ۹ طبقه..... ۱۰۲
جدول ۶-۱۸- توزیع بار جانبی در سازهٔ ۹ طبقهٔ ۴ متری..... ۱۰۳
جدول ۶-۱۹- توزیع بار جانبی در سازهٔ ۹ طبقهٔ ۵ متری..... ۱۰۳
جدول ۶-۲۰- توزیع بار جانبی در سازهٔ ۹ طبقهٔ ۶ متری..... ۱۰۳

جدول ۷-۱- براورد وزن لرزه ای و بارهای مرده و زندهٔ تیرها در طبقات و بام قاب B..... ۱۱۳
جدول ۷-۲- رکوردهای مورد استفاده در تحلیل..... ۱۱۳
جدول ۷-۳- بازه ارزیابی و مقدار ضریب مقیاس رکوردهای زلزله در سازه ها..... ۱۱۴
جدول ۷-۴- دریفت طبقات سازهٔ 3st-4m در دو راستای اصلی ساختمان..... ۱۱۸
جدول ۷-۵- تغییر مکان طبقات برای سازه های ۳ طبقه (بر حسب سانتی متر)..... ۱۱۹
جدول ۷-۶- تغییر مکان طبقات برای سازه های ۶ طبقه (بر حسب سانتی متر)..... ۱۱۹
جدول ۷-۷- تغییر مکان طبقات برای سازه های ۹ طبقه (بر حسب سانتی متر)..... ۱۲۰
جدول ۷-۸- دریفت طبقات برای سازه های ۳ طبقه..... ۱۲۱
جدول ۷-۹- دریفت طبقات برای سازه های ۶ طبقه..... ۱۲۱
جدول ۷-۱۰- دریفت طبقات برای سازه های ۹ طبقه..... ۱۲۲
جدول ۷-۱۱- برش طبقات برای سازه های ۳ طبقه (بر حسب kg)..... ۱۲۳
جدول ۷-۱۲- برش طبقات برای سازه های ۶ طبقه (بر حسب kg)..... ۱۲۳
جدول ۷-۱۳- برش طبقات برای سازه های ۹ طبقه (بر حسب kg)..... ۱۲۴
جدول ۷-۱۴- تغییر مکان بام (cm)..... ۱۲۵
جدول ۷-۱۵- دریفت بیشینه طبقات (٪)..... ۱۲۵
جدول ۷-۱۶- برش پایه (kg)..... ۱۲۵
جدول ۷-۱۷- کنترل تغییر شکل اعضا در سطح عملکرد LS ($\mu+\sigma$)..... ۱۲۶
جدول ۸-۱- مقایسهٔ دریفت بیشینهٔ طبقات در تحلیل استاتیکی معادل با دریفت مجاز در سازه های مختلف..... ۱۳۸
جدول ۸-۲- درصد اعضایی که پاسخگوی محدودیت های مربوط به تغییر شکل در سطوح عملکردی هدف نیستند..... ۱۳۸
جدول ۸-۳- پریود اولیهٔ فرضی و پریود نهایی سازه های ۳ بعدی بهسازی شده..... ۱۴۰
جدول ۸-۴- سطح مقطع مهاربندهای کمانش تاب در قابهای ۳ طبقه..... ۱۴۰
جدول ۸-۵- سطح مقطع مهاربندهای کمانش تاب در قابهای ۶ طبقه..... ۱۴۱
جدول ۸-۶- سطح مقطع مهاربندهای کمانش تاب در قابهای ۹ طبقه..... ۱۴۱
جدول ۸-۷- دریفت طبقات در سازه های ۳ طبقه..... ۱۴۲
جدول ۸-۸- دریفت طبقات در سازه های ۶ طبقه..... ۱۴۳
جدول ۸-۹- دریفت طبقات در سازه های ۹ طبقه..... ۱۴۴
جدول ۹-۱- بازه ارزیابی و مقدار ضریب مقیاس رکوردهای زلزله در قابهای بهسازی شده..... ۱۴۸
جدول ۹-۲- تغییر مکان طبقات برای سازه های ۳ طبقه بهسازی شده (بر حسب سانتی متر)..... ۱۵۳
جدول ۹-۳- تغییر مکان طبقات برای سازه های ۶ طبقه بهسازی شده (بر حسب سانتی متر)..... ۱۵۳
جدول ۹-۴- تغییر مکان طبقات برای سازه های ۹ طبقه بهسازی شده (بر حسب سانتی متر)..... ۱۵۴
جدول ۹-۵- دریفت طبقات برای سازه های ۳ طبقه بهسازی شده..... ۱۵۵
جدول ۹-۶- دریفت طبقات برای سازه های ۶ طبقه بهسازی شده..... ۱۵۵
جدول ۹-۷- دریفت طبقات برای سازه های ۹ طبقه بهسازی شده..... ۱۵۶
جدول ۹-۸- برش طبقات برای سازه های ۳ طبقه بهسازی شده (بر حسب kg)..... ۱۵۷
جدول ۹-۹- برش طبقات برای سازه های ۶ طبقه بهسازی شده (بر حسب kg)..... ۱۵۷
جدول ۹-۱۰- برش طبقات برای سازه های ۹ طبقه بهسازی شده (بر حسب kg)..... ۱۵۸

جدول ۹-۱۱- تغییر مکان بام (cm) ۱۵۹
جدول ۹-۱۲- دریفت بیشینه طبقات $(\%)$ ۱۵۹
جدول ۹-۱۳- برش پایه و برش ستونها در طبقه اول (kg) ۱۵۹
جدول ۹-۱۴- کنترل تغییر شکل اعضا در سطح عملکرد LS $(\mu+\sigma)$ ۱۶۹
جدول ۹-۱۵- حداکثر تقاضای تغییر شکل محوری مهاربندهای کمانش تاب در سازه های مورد بررسی (cm) ۱۶۹
جدول ۱۰-۱- درصد اعضایی که پاسخگوی محدودیت های مربوط به تغییر شکل در سطح عملکرد LS نیستند. ۱۷۰
جدول ۱۰-۲- مقایسهٔ بازده فرایند بهسازی در کاهش بیشینهٔ دریفت قابهای مورد بررسی در سطح ارزیابی μ ۱۷۲
جدول ۱۰- ۳- مقایسهٔ بازده فرایند بهسازی در کاهش بیشینهٔ دریفت قابهای مورد بررسی در سطح ارزیابی $\mu+\sigma$ ۱۷۲
جدول ۱۰-۴- درصد افزایش برش طبقات در قابهای ۳ طبقه ۱۷۹
جدول ۱۰-۵- درصد افزایش برش طبقات در قابهای ۶ طبقه ۱۷۹
جدول ۱۰-۶- درصد افزایش برش طبقات در قابهای ۹ طبقه ۱۷۹
جدول ۱۰-۷- درصد کاهش برش ستون ها در سازه های ۳ طبقه ۱۸۵
جدول ۱۰-۸- درصد کاهش برش ستون ها در سازه های ۶ طبقه ۱۸۵
جدول ۱۰-۹- درصد کاهش برش ستون ها در سازه های ۹ طبقه ۱۸۵

پیشگفتار

فصول مختلف این پایان نامه بدین گونه تنظیم شده است که در پنج فصل نخست مفاهیم اصلی شامل مهاربند کمانش تاب، ضوابط آیین نامه ای و چگونگی بهسازی لرزه ای سازه ها بر اساس سطح عملکرد معرفی می شود. سپس آنچه هدف این تحقیق بوده است طی پنج فصل دوم تشریح می گردد.

فصل اول به دلایل لرزه خیزی ایران و رویکرد آیین نامهٔ ۲۸۰۰، انواع سیستم های کلاسیک و مدرن مقاوم جانبی و مقایسهٔ عملکرد آنها، ضرورت پیدایش و مزایای کاربرد مهاربندهای کمانش تاب، کاربرد BRB ها در قالب میراگر مکمل یا بعنوان سیستم اصلی باربر جانبی و چالش های فرا روی آنها پرداخته است.

فصل دوم با جزئیات بیشتری ابعاد متنوع BRB ها را می کاود. اجزای تشکیل دهنده و پیکربندی هایBRB همراه با برخی ایده های کلیدی، تحلیل کمانش و معادلات حاکم، رفتار هیسترتیک مهاربند مقاوم در کمانش، تخمین پاسخ سازه و ضوابط پیشنهادی $BRBF$ ها از جمله مواردی هستند که مورد بررسی قرار می گیرد.

در فصل سوم مروری بر پژوهش های انجام شده طی سال های ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۰ صورت می گیرد. بخش دوم این فصل به کارهای تحقیقاتی انجام شده در ایران اختصاص یافته است.

با توجه به هدف پروژه که بهسازی لرزه ای بر اساس سطح عملکرد می باشد، در فصل چهارم با این شیوه نوین طراحی سازه ها بیشتر آشنا خواهیم شد. روش های تحلیل غیر خطی سازه ها خصوصا تحلیل دینامیکی غیر خطی معرفی می شوند و در انتها بخش های مهم دستورالعمل بهسازی لرزه ای و ضوابط مختص قابهای خمشی بررسی می گردد.

فصل پنجم به معرفی نرم افزار تحلیل غیر خطی $PERFORM$ و قابلیت های آن می پردازد. روش های مختلف مدلسازی غیر خطی المانهای تیر و ستون، مدلسازی BRB با سخت شدگی ایزوتروپیک، نحوهٔ تعریف میرایی و محاسبه استهلاک انرژی در سازه و چگونگی در نظر گرفتن حالت های حدی و ارزیابی عملکرد در این نرم افزار مورد بررسی قرار می گیرند.

در فصل ششم در گام نخست، سازه های مورد بررسی معرفی می شوند. سپس جزئیات مربوط به بارگذاری ثقلی و جانبی آنها با توجه به آیین نامه بارگذاری ایران مورد مطالعه قرار می گیرد. در انتها این سازه ها بر اساس ضوابط آیین نامه ۲۸۰۰ و مبحث دهم مقررات ملی ایران توسط نرم افزار$ETABS$ طراحی می گردند.

در فصل هفتم چگونگی مدلسازی سازه های مورد مطالعه در نرم افزار $PERFORM\ 3D$ جهت ارزیابی عملکرد مطرح می شود. سپس هفت رکورد تاریخچه زمانی مورد استفاده، معرفی و نحوه همپایه کردن آنها بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ تشریح می گردد. در خاتمه هم نتایج تحلیل دینامیکی غیر خطی سازه ها شامل کنترل تغییر شکل اعضا در سطح عملکرد ایمنی جانی، تغییر مکان، دریفت و برش طبقات در قالب جداولی ارائه می شوند.

فصل هشتم دلایل لزوم بهسازی سازه های مورد مطالعه و سپس روش پیشنهادی برای بهسازی آنها را که استفاده از مهاربندهای کمانش تاب به شکل شورن هشتی است بررسی می کند. نحوه مدلسازی و طراحی مهاربندهای کمانش تاب و نتایج طراحی در نرم افزار $ETABS$ از جمله دیگر مطالب مورد ملاحظه در این فصل هستند.

فصل نهم به چگونگی مدلسازی و تحلیل تاریخچه زمانی قابهای بهسازی شده در نرم افزار $PERFORM$ اختصاص یافته است. هفت رکورد تاریخچه زمانی مورد استفاده مجددا همپایه و بر سازه ها اعمال می شوند. در انتها نتایج آنالیز دینامیکی غیر خطی استخراج می گردد.

در فصل دهم نتایج تحلیل تاریخچه زمانی قابهای خمشی و قابهای مهاربندی شده کمانش تاب در چند بخش شامل نتایج مربوط به کنترل تغییر شکل اعضاء، دریفت و برش طبقات با یکدیگر مورد مقایسه قرار خواهد گرفت. پس از مقایسه، نتیجه گیری انجام می شود و پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی مطرح می گردد.

فصل اول

چشم انداز سیستم های مقاوم جانبی با رخ نمایی مهاربند کمانش تاب

۱-۱ مقدمه

زلزله از جمله مخاطرات طبیعی است که نشانه عدم تعادل پوسته زمین و در نتیجه، تغییر و تحولات ژئودینامیکی بعدی آن می‌باشد و به لحاظ وقوع فراوان و مکرر، در مدیریت محیط از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار است . منشاء زلزله از هر نوعی (طبیعی یا رویدادهای ساخت بشر) که باشد، برحسب شدت نیرو، تمام بناهای پوسته زمین را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به عبارت دیگر سیارهٔ پویا و زنده زمین، پیام بیداری و سازندگی خود را به وسیله زلزله به اطلاع ساکنان خود می‌رساند . اغلب از زلزله به عنوان یکی از عمده‌ترین و پر خسارت‌ترین خطر و بلای طبیعی در مراکز شهری و روستایی یاد می‌شود . ولی تکاپوی زمین در گوشته، آتشفشان ، مهاجرت قاره‌ها و نوسازی بستر اقیانوس‌ها را به همراه دارد . در اثر وقوع زلزله، کوهها تشکیل شده و به حفظ پایداری زمین کمک می کنند. گسلهای ایجاد شده منشأ همه قنات ها بوده و با حرکتشان دسترسی به آبهای زیرزمینی میسر می شود. در واقع قابلیت و توانمندی زمین در پذیرش حیات و سکونت بشر، محصول اقدامات شگفت‌انگیز فوق است . بنابراین باید زمین را با ویژگی‌ها و خصوصیات آن پذیرفت و با شناخت بیشتر نسبت به قوانین طبیعی حاکم، بر میهمانی آن خرسند و سازگار شد[۱] .

۱-۲ لرزه خیزی ایران

فلات ایران در محل تلاقی صفحه های عربستان، هند و اوراسیا واقع شده است. تلاقی این صفحات سبب تغییر شکل پوستهٔ فلات ایران و ایجاد چین خوردگی هایی چون زاگرس در غرب، البرز و کپه داغ در شمال و شمال شرق،کوههای شرق ایران و مکران در جنوب شرقی شده است. این حرکات کوهزایی هنوز به اتمام نرسیده و بعبارت دیگر تعادل نهایی برقرار نشده است. بنابراین با تداوم حرکت صفحه ها شاهد فعالیت های لرزه ای در اغلب نقاط ایران بخصوص نواحی کوهستانی هستیم[۲].

بررسی کارتوگرافیکی زمین لرزه های ثبت شده در قرن اخیر، تمرکز مسلم فعالیت های آن را در حواشی کوهستانی فلات ایران نشان می دهد. دلیل عمدهٔ این تمرکز، حضور گسل های مهم و سراسری در نواحی پایکوهی ارتفاعات ایران می باشد. زیرا در امتداد این گسل ها حرکات قائمی بصورت فرونشینی و بلند شدگی انجام گرفته و موجب ناپایداری زمین ها می شود. وجود ۱۷ گسل فعال، بخش گسترده ای از خاک کشورمان را در معرض زمین لرزه قرار می دهد[۳].

فرورانش قطعات لیتوسفری مجاور ایران به زیر برخی قسمت های حاشیه ای آن که موجب ناپایداری زمین و تنش های زلزله ای در حواشی ایران می شود، زمین ساخت و تکتونیک مربوط به توده های نمکی که در ایران نسبتا فراوان است، فرو ریزش سقف غارها در امتداد زاگرس و تا حدی البرز و نیز تأثیر عوامل انسانی نظیر احداث سدهای بزرگی مثل سفیدرود