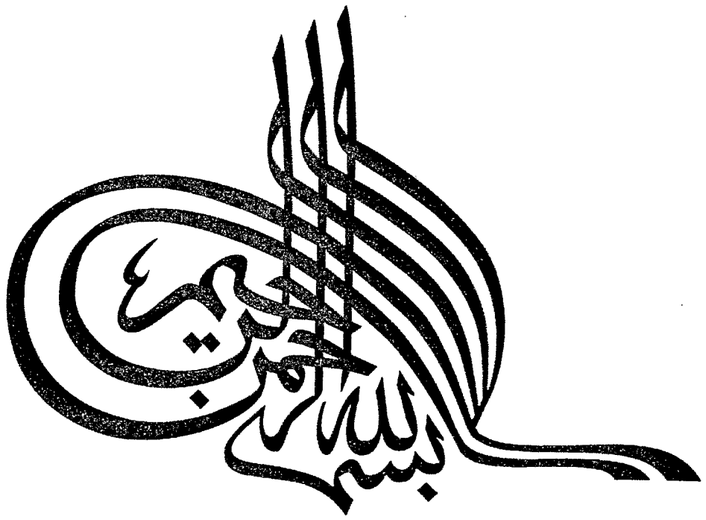

٣٩٢٥٣

017279
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
۱۳۸۱ /۳/ ۱۰

دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران

گرایش سازه

با عنوان

تحلیل غیرخطی ساختمانهای فولادی به روش بارافزون
(Pushover)

تهیه و تنظیم

سید محمد مجید قوامی ماسوله

۳۹۳۵۳

استاد راهنما

آقای دکتر فرهاد دانشجو

بهمن ماه ۱۳۸۰

۳۹۳۵۳

دانشگاه تربیت مدرس

تاییدیه هیات داوران

آقای سید محمدمجید قوامی ماسوله پایان‌نامه ۶ واحدی خود را با عنوان تحلیل غیرخطی ساختمانهای فولادی به‌روش بار افزون (Pushover) در تاریخ ۸۰/۱۱/۲۹ ارائه کردند. اعضای هیات داوران نسخه نهائی این پایان‌نامه را از نظر فرم و محتوی تایید و پذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران باگرایش سازه پیشنهاد می‌کنند.

اعضای هیات داوران	نام و نام خانوادگی	امضاء
۱ـ استاد راهنما :	آقای دکتر دانشجو	
۲ـ استاد مشاور :	—	
۳ـ استادان ممتحن :	آقای دکتر محرمی	
	آقای دکتر عربزاده	
	آقای دکتر برگی	
۴ـ مدیر گروه :	آقای دکتر شفیعی‌فر	
(یا نمایندهٔ گروه تخصصی)		

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان‌نامه/رساله مورد تأیید است.

امضای استاد راهنما

بسمه تعالی

آیین‌نامهٔ چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرّس، مبیّن بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

مادّهٔ ۱ در صورت اقدام به چاپ پایان‌نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

مادّهٔ ۲ در صفحهٔ سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه)، عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد/رسالهٔ دکتری نگارنده در رشتهٔ ..... است که در سال ..... در دانشکدهٔ ..... دانشگاه تربیت مدرّس به راهنمایی سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... ، مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... و مشاورهٔ سرکار خانم/جناب آقای دکتر ..... از آن دفاع شده است.»

مادّهٔ ۳ به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

مادّهٔ ۴ در صورت عدم رعایت مادّهٔ ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ‌شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرّس، تأدیه کند.

مادّهٔ ۵ دانشجو تعهد و قبول می‌کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در مادّهٔ ۴ را از محلّ توقیف کتابهای عرضه‌شدهٔ نگارنده برای فروش، تأمین نماید.

مادّهٔ ۶ اینجانب ..... دانشجوی رشته ..... مقطع ..... تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می‌شوم.

نام و نام‌خانوادگی:

تاریخ و امضا:

تقدیم به خانواده گرامی و عزیزم

که همواره و در تمامی لحظات ،

پشتیبان و یاری‌دهنده من بودند

تشکر و قدردانی :

با سپاس بیکران به درگاه الهی که به من توفیق ره‌پویی در مسیر علم و دانش عطا فرمود. برخود لازم می‌دانم که مراتب سپاس و تشکر فراوان خویش را نسبت به خانواده گرامی و ارجمندم ، معلمان و دبیران دلسوز و زحمت‌کش دوره تحصیلی متوسطه در شهرستان رشت و اساتید بزرگوار و محترم دانشگاه پلی‌تکنیک تهران در دوره کارشناسی مهندسی عمران ابراز دارم. بدین‌وسیله در کمال امتنان از زحمات جناب آقای دکتر فرهاد دانشجو ، استاد محترم راهنمای این پایان‌نامه که همواره با نظرات ارزنده خود مرا در انجام تحقیق یاری رساندند ، از اساتید محترم مدعو و ممتحن جناب آقای دکتر برگی ، جناب آقای دکتر محرمی ، جناب آقای دکتر عربزاده و جناب آقای دکتر شفیعی‌فر و همین‌طور سایر اساتید محترم گروه سازه دانشگاه تربیت مدرس بخصوص جناب آقای دکتر آقاکوچک سپاسگزاری و قدردانی می‌نمایم. همچنین تشکر و سپاس خود را به تمامی دوستان عزیزم آقایان مهندس رضایی‌مهر، مهندس مصاحبی ، مهندس امیدی ، مهندس احمدی به‌آذین ، مهندس ابراهیمی و سایر بزرگواران که با الطاف و کمک‌های خود مشوق و راهنمای من بودند و همچنین سروران ارجمند حاضر در جلسه دفاع تقدیم می‌دارم.

چکیده :

پیشرفت‌های اخیر در زمینه طراحی ساختمان‌های مقاوم در برابر زلزله با عنوان" طراحی به روش عملکردی سازه‌ها " ، تحلیل بارافزون (Pushover) را بصورت یک روش عمومی ، ساده و کاربردی در مقایسه با تحلیل‌های پیچیده دینامیکی غیرخطی ، جهت برآورد لرزه‌ای ساختمان‌ها مبدل نموده است.

در این تحقیق بررسی‌گسترده‌ای برروی شکل‌های توزیع بار جانبی اعم از توزیع بار آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران ، توزیع طیفی ، توزیع‌های FEMA-273 ، توزیع بار آیین‌نامه ژاپن و دو توزیع بار تعدیل شده SMM وCMM ، در تحلیل بارافزون انجام گرفت. به این منظور سه مدل قاب خمشی فولادی با تعداد ۲ ، ۵ و ۱۵ طبقه ارتفاع که برمبنای آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران طراحی شده‌اند، تحت‌اثر شکل‌های توزیع بار مذکور و روش بارافزون ، تحلیل گردیدند. در ادامه ، شتابنگاشت سه زلزله طبس ، ناغان و السنترو انتخاب شده و به دو روش آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران و UBC-97 به‌مقیاس درآمدند و سپس به کمک برنامه ANSYS ، تحلیل‌های دینامیکی تاریخچه‌زمانی غیرخطی برروی سه مدل و براساس شتابنگاشتهای مقیاس شده صورت پذیرفت. درنتیجه بازتابهای مختلف تحلیل‌ها شامل توزیع ماکزیمم برش طبقات ، توزیع ماکزیمم تغییرمکان نسبی طبقات و شکل توزیع مفاصل پلاستیک در مدلها و... بدست آمده و بازتابهای موردنظر با نتایج حاصل از تحلیل‌های بارافزون مدلها مقایسه گردید. به این ترتیب اشکال توزیع بار مناسب بازگو شده و همچنین محدوده قابل اطمینان پاسخ‌ها و پیشنهاداتی جهت بهبود نتایج روش بارافزون ارائه گردید.

بررسی‌های انجام شده نشان داد که بر طبق روش مقیاس شتابنگاشت آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران و آیین‌نامه UBC-97 ، مقادیر ضریب مقیاس بدست آمده از دو روش برای ساختمانهای کوتاه محافظه‌کارانه بوده ولی برای ساختمانهای متوسط و بلند جوابهای قابل قبولی را بدست می‌دهند. با این حال ، روش پیشنهادی UBC-97 نتایج واقع‌بینانه‌تری را حاصل می‌نماید. همچنین بنظر می‌رسد در این آیین‌نامه‌ها روش مناسبتری برای مقیاس‌کردن شتابنگاشتها در محدوده پریودهای کم بایستی ارائه گردد. مقایسه بین پریودهای محاسبه شده برای سه مدل مفروض توسط روابط آیین‌نامه و نیز برنامه‌های کامپیوتری نشان داد که اختلاف قابل‌توجهی بین نتایج دو روش بخصوص در مورد مدل کوتاه وجود دارد. در مدلهای کوتاه و متوسط، ماکزیمم برش پایه حاصل از تحلیل‌های دینامیکی از تشابه بسیاری با برش پایه ماکزیمم ناشی از تحلیل بارافزون آنها برخوردار است. اما در مدل ۱۵ طبقه اختلافی مشاهده می‌شود بطوری که ماکزیمم برش پایه دینامیکی بطور نسبی از ماکزیمم برش پایه تحلیل بارافزون بیشتر است. تحقیقات نشان داد که در طول زمان تحریک زمین لرزه، افزایش مقدار ماکزیمم برش در توزیع ماکزیمم برش طبقات ، در ابتدا از طبقات پایینی آغاز شده و سپس بتدریج به طبقات بالایی انتقال می‌یابد بنابراین از این پدیده شاید بتوان جهت ارائه پیشنهادی در خصوص استفاده از شکل‌های توزیع بار چند مرحله‌ای یا غیرثابت استفاده نمود.

کلید واژه :

تحلیل دینامیکی غیرخطی ، ساختمانهای فولادی ، روش بارافزون ، پاسخ لرزه‌ای ، اشکال بارگذاری ، مفاصل پلاستیک.

فهرست مطالب

	صفحه
پیشگفتار	۲-۱
فصل اول: کلیات و مفاهیم اساسی	۳۰-۳
۱-۱- مقدمه	٤
۱-۲- هدف از تحلیل بارافزون	۸
۱-۳- پیشینه تحلیل بارافزون	۸
۱-٤- دو مورد جهت انجام تحلیل بارافزون	۱٤
۱-٤-۱- تغییر مکان هدف	۱٤
۱-٤-۲- شکل توزیع بارجانبی	۱۷
۱-۵- روش نوین طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله - روش طراحی براساس عملکرد سازه‌ها	۱۸
۱-٦- مزایای روش طراحی براساس عملکرد سازه‌ها	۲۱
۱-۷- مزایای کاربرد تحلیل بارافزون در طراحی براساس عملکرد سازه‌ها	۲۲
۱-۸- برآورد لرزه‌ای ساختمانهای موجود	۲٤
۱-۹- محدودیتهای کاربرد تحلیل بارافزون	۲٦
۱-۱۰- تعریف مسأله و اهداف تحقیق	۲۸
فصل دوم: معرفی نرم افزارها و تحلیل‌های استاتیکی و دینامیکی غیرخطی	۵۷-۳۱
۲-۱- معرفی برنامه SAP2000	۳۲
۲-۱-۱- تاریخچه برنامه‌های کامپیوتری سری "SAP"	۳۲
۲-۱-۲- برنامه SAP2000	۳۳
۲-۱-۳- المان FRAME برنامه SAP2000	۳۳
۲-۱-٤- تحلیل بارافزون	۳٦
۲-۲- معرفی برنامه ANSYS	٤۲
۲-۲-۱- مقدمه	٤۲

۲-۲-۲- انواع تحلیل‌ها در برنامه ANSYS ٤٣

۲-۲-۳- المانهای مورد استفاده ٤٦

۲-۳- بررسی مدل سازی غیرخطی در نرم‌افزارهای موجود ٤٨

۲-۳-۱- مقدمه ٤٨

۲-۳-۲- حالت غیرخطی مصالح ٤٩

۲-۳-۳- حالت غیرخطی هندسی ٥٤

۲-۳-٤- بررسی حالات غیرخطی در تحلیل‌های استاتیکی ٥٥

۲-٤- بررسی خطاهای موجود در روش انتگرال گیری سیستم‌های
غیرخطی- تحلیل‌های دینامیکی ٥٦

فصل سوم: معرفی شتابنگاشتها **٥٨-٧٢**

۳-۱- شتابنگاشتهای انتخابی ٥٩

۳-۲- دیدگاههای آیین‌نامه‌ای ٦١

۳-۲-۱- آیین نامه ۲۸۰۰ ایران ٦١

۳-۲-۲- آیین نامه UBC-97 ..... ٦٤

۳-۳- مقیاس کردن شتابنگاشتها ٦٤

۳-٤- بررسی شتابنگاشتهای انتخابی ٦٩

۳-٤-۱- محتوای فرکانسی ٦٩

۳-٤-۲- مقایسه ضرایب مقیاس شتابنگاشتها ٧١

فصل چهارم: معرفی سیستم‌های مورد مطالعه **٧٣-١٤٦**

٤-۱- مقدمه ٧٤

٤-۲- انتخاب و آماده سازی مدلها ٧٦

٤-۳- تحلیل بارافزون و نتایج آن ٨٠

٤-۳-۱- مقدمه ٨٠

٤-۳-۲- شکل‌های توزیع بارجانبی ٨٠

٤-۳-۳- نتایج تحلیل بارافزون ٨٦

٤-٤- تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیرخطی و نتایج آن ١٠٥

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
شعبه مرکزی

٤-٤-١- مقدمه ١٠٥
٤-٤-٢- تعیین ضرایب میرایی رایلی (Rayleigh Damping) ١٠٧
٤-٤-٣- نتایج تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی ١١٣
فصل پنجم: بحث و نتیجه‌گیری ١٤٧-١٥٨
٥-١- شتابنگاشتها ١٤٨
٥-٢- ضوابط مربوط به کفایت یا عدم کفایت سازه ١٥٠
٥-٣- شکل توزیع بارگذاری جانبی مناسب ١٥١
٥-٤- نتیجه‌گیری‌های کلی ١٥٣
٥-٥- پیشنهادات ١٥٦
مراجع ١٥٩-١٦٣
ضمائم ١٦٤-١٧٨
الف- اثبات رابطه توزیع بار جانبی به روش CMM ١٦٤
ب- محاسبات بارگذاری زلزله مدلها براساس آیین‌نامه ٢٨٠٠ ایران ١٦٦
ج- شکل مودهای ارتعاش مدلهای مورد بررسی ١٧٢
د- بازتاب‌های مربوط به تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی مدل‌های مورد بررسی ... ١٧٦
واژه‌نامه انگلیسی به فارسی ١٧٩-١٨٢

فهرست جداول

صفحه

فصل اول :

فصل دوم :

فصل سوم :

جدول ۳-۱ مشخصات عمومی شتابنگاشتهای انتخابی ۶۰

جدول ۳-۲ مقادیر پریود و درصد مشارکت مودی جرم برای کلیه مودهای ارتعاشی سه مدل ۲ ، ۵ و ۱۵ طبقه ۶۵

جدول ۳-۳ محدوده پریودهای مورد بررسی جهت مقیاس کردن شتابنگاشتها ۶۵

جدول ۳-٤ ضرایب مقیاس شتابنگاشتها برای سه مدل ۲ ، ۵ و ۱۵ طبقه ۶۶

فصل چهارم :

جدول ٤-۱ مشخصات نیمرخ‌های استفاده شده در سه مدل ۷۸

جدول ٤-۲ مقادیر توزیع نیروهای جانبی – مدل ۲ طبقه ۸۱

جدول ٤-۳ مقادیر توزیع نیروهای جانبی – مدل ۵ طبقه ۸۱

جدول ٤-٤ مقادیر توزیع نیروهای جانبی – مدل ۱۵ طبقه ۸۲

جدول ٤-۵ مقادیر توزیع بار روش CMM بر اساس طیف زلزله طبس، ناغان و السنترو – مدل ۲ طبقه ۸٤

جدول ٤-٦ مقادیر توزیع بار روش CMM بر اساس طیف زلزله طبس، ناغان و السنترو – مدل ۵ طبقه ۸٤

جدول ٤-۷ مقادیر توزیع بار روش CMM بر اساس طیف زلزله طبس، ناغان و السنترو – مدل ۱۵ طبقه ۸٤

جدول ٤-۸ مقادیر تغییر مکان هدف بر اساس روش طیف ظرفیت برای هر یک از تحلیل‌های بارافزون – مدل ۲ طبقه ۸٦

جدول ٤-۹ مقادیر تغییر مکان هدف بر اساس روش طیف ظرفیت برای هر یک از تحلیل‌های بارافزون – مدل ۵ طبقه ۸۷

جدول ٤-١٠ مقادیر تغییر مکان هدف بر اساس روش طیف ظرفیت برای هر
یک از تحلیل‌های بارافزون - مدل ۱۵ طبقه ۸۷
جدول ٤-١١ ضرایب ثابت رابطه میرایی رایلی بر اساس انتخاب مودهای
مختلف - مدل ۲ طبقه ۱۰۹
جدول ٤-١٢ ضرایب ثابت رابطه میرایی رایلی بر اساس انتخاب مودهای
مختلف - مدل ۵ طبقه ۱۱۰
جدول ٤-١٣ ضرایب ثابت رابطه میرایی رایلی بر اساس انتخاب مودهای
مختلف - مدل ۱۵ طبقه ۱۱۱
فصل پنجم :
ضمیمه الف :
ضمیمه ب :
جدول ب-۱ محاسبه نیروهای معادل استاتیکی زلزله جهت طراحی مدل ۲ طبقه
براساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران ١٦٦
جدول ب-۲ محاسبه نیروهای معادل استاتیکی زلزله جهت طراحی مدل ۵ طبقه
براساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران ١٦٨
جدول ب-۳ محاسبه نیروهای معادل استاتیکی زلزله جهت طراحی مدل ۱۵
طبقه براساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران ۱۷۰
ضمیمه ج :
ضمیمه د :

فهرست اشکال

صفحه

فصل اول :

شکل ۱-۱ نمایش تبدیل سیستم چند درجه آزادی به سیستم یک درجه آزادی معادل ۹

شکل ۱-۲ نمودار نرمال شده برش پایه در مقابل تغییر مکان جانبی بام ۱۱

شکل ۱-۳ نمودار نیرو- تغییر مکان برای سیستم یک درجه آزادی معادل ۱۱

شکل ۱-٤ روش طیف ظرفیت - نمودارهای ظرفیت و تقاضا ۱۵

شکل ۱-۵ روش N2 ..... ۱٦

فصل دوم :

شکل ۲-۱ توانایی‌های موجود در سه نوع ویرایش برنامه SAP2000 ..... ۳۵

شکل ۲-۲ المان FRAME و محورهای محلی آن ۳٦

شکل ۲-۳ تعریف کلی نمودار نیرو- تغییر مکان برای گره‌های پلاستیک ۳۷

شکل ۲-٤ مدل گره پلاستیک خمشی و گره پلاستیک خمشی – محوری ۳۸

شکل ۲-۵ نمودار $M-\theta$ برای مقطع فشرده از یک المان تیر ۳۹

شکل ۲-٦ گزینه‌های موجود درSAP2000 برای تعریف اندرکنش M و P در ستونها ٤۰

شکل ۲-۷ روش طیف ظرفیت در برنامه SAP2000 ..... ٤۱

شکل ۲-۸ شمایی از قابلیت‌های برنامه ANSYS ٤۳

شکل ۲-۹ الگوریتم روش ویلسون- θ ، سیستم غیرخطی ٤۵

شکل ۲-۱۰ الگوریتم روش اصلاح شده نیوتن- رافسون ٤٦

شکل ۲-۱۱ المان BEAM24 ..... ٤۷

شکل ۲-۱۲ المان MASS21 ..... ٤۸

شکل ۲-۱۳ سه مشخصه رفتاری مدلهای هیسترزیسی ۵۱

شکل ۲-۱٤ نمودار تنش- کرنش با ۳٪ کرنش سخت شونده ۵۲

شکل ۲-۱۵ نمودار تنش- کرنش در حالات باربرداری و بارگذاری برای دو
معیار سخت شوندگی سینماتیکی و ایزوتروپیکی ۵۳
شکل ۲-۱۶ قوانین سخت شدگی برای دو معیار سینماتیکی و ایزوتروپیکی ۵۳
شکل ۲-۱۷ اثر مدل سازی حالات غیرخطی مصالح و غیرخطی هندسی در
تحلیل‌های استاتیکی ۵۶

فصل سوم :

شکل ۳-۱ شتابنگاشت زلزله طبس ۶۰
شکل ۳-۲ شتابنگاشت زلزله ناغان ۶۱
شکل ۳-۳ شتابنگاشت زلزله السنترو ۶۱
شکل ۳-٤ مقایسه طیف حاصل از شتابنگاشتهای مقیاس شده زلزله طبس و
طیف طرح آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران ۶۷
شکل ۳-۵ مقایسه طیف حاصل از شتابنگاشتهای مقیاس شده زلزله ناغان و
طیف طرح آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران ۶۸
شکل ۳-۶ مقایسه طیف حاصل از شتابنگاشتهای مقیاس شده زلزله السنترو و
طیف طرح آیین‌نامه ۲۸۰۰ ایران ۶۸
شکل ۳-۷ نمودار طیف دامنه فوریه زلزله طبس (مقیاس شده به PGA=0.3g)
الف.براساس فرکانس ب.براساس پریود ۷۰
شکل ۳-۸ نمودار طیف دامنه فوریه زلزله ناغان (مقیاس شده به PGA=0.3g)
الف.براساس فرکانس ب.براساس پریود ۷۰
شکل ۳-۹ نمودار طیف دامنه فوریه زلزله السنترو (مقیاس شده به PGA=0.3g)
الف.براساس فرکانس ب.براساس پریود ۷۱

فصل چهارم :

شکل ٤-۱ نمای سه بعدی مدل ۲ طبقه ۷۶
شکل ٤-۲ نمای سه بعدی مدل ۵ طبقه ۷۷
شکل ٤-۳ نمای سه بعدی مدل ۱۵ طبقه ۷۷
شکل ٤-٤ شکل توزیع بارهای جانبی – الف. مدل ۲ طبقه – ب. مدل ۵ طبقه

– ج. مدل ۱۵ طبقه ۸۳
شکل ٤-٥ شکل توزیع بارهای جانبی به روش CMM و طیف شتابنگاشتها
– الف. مدل ۲ طبقه – ب. مدل ۵ طبقه – ج. مدل ۱۵ طبقه ۸۵
شکل ٤-٦ منحنی‌های بار افزون – مدل ۲ طبقه ۸۸
شکل ٤-۷ منحنی‌های بار افزون – مدل ۵ طبقه ۸۸
شکل ٤-۸ منحنی‌های بار افزون – مدل ۱۵ طبقه ۸۹
شکل ٤-۹ نمودار نسبت تغییر مکان نسبی طبقه حاصل از تحلیل‌های بار افزون
– مدل ۲ طبقه ۹۰
شکل ٤-۱۰ نمودار نسبت تغییر مکان نسبی طبقه حاصل از تحلیل‌های بار افزون
– مدل ۵ طبقه ۹۰
شکل ٤-۱۱ نمودار نسبت تغییر مکان نسبی طبقه حاصل از تحلیل‌های بار افزون
– مدل ۱۵ طبقه ۹۰
شکل ٤-۱۲ توزیع مفاصل پلاستیک در تحلیل بار افزون مدل ۲ طبقه تحت اثر
بارگذاریهای مختلف ۹۱
شکل ٤-۱۳ توزیع مفاصل پلاستیک در تحلیل بار افزون مدل ۵ طبقه تحت اثر
بارگذاریهای مختلف ۹۳
شکل ٤-۱٤ توزیع مفاصل پلاستیک در تحلیل بار افزون مدل ۱۵ طبقه تحت اثر
بارگذاریهای مختلف ۹۷
شکل ٤-۱۵ نمای کلی از قاب دو بعدی حاصل از مدل ۲ طبقه ۱۰٦
شکل ٤-۱٦ نمای کلی از قاب دو بعدی حاصل از مدل ۵ طبقه ۱۰٦
شکل ٤-۱۷ نمای کلی از قاب دو بعدی حاصل از مدل ۱۵ طبقه ۱۰۷
شکل ٤-۱۸ میرایی رایلی ۱۰۸
نمودارهای تاریخچه زمانی مدل ۲ طبقه – زلزله طبس ۱۱٤
نمودارهای تاریخچه زمانی مدل ۲ طبقه – زلزله السنترو ۱۱٦
نمودارهای تاریخچه زمانی مدل ۲ طبقه – زلزله ناغان ۱۱۸
نمودارهای تاریخچه زمانی مدل ۵ طبقه – زلزله طبس ۱۲۰