



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد عمران – گرایش سازه

موضوع پایان نامه

ارزیابی عملکرد لرزه ای سازه های بلند با سیستم ترکیبی قاب خمشی و مهاربند کمانش تاب

استاد راهنما :

دکتر بهروز عسگریان

استاد مشاور :

مهندس امیر پیمان زندی

نگارش :

فاطمه درخشان

مهر ۱۳۹۱

سلام الافضل

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

به پاس دلسوزی، مهربانی، فداکاری و دعای خیرشان

همسر عزیزم

به پاس همراهی و همدلی اش

اساتیدم

که چراغ دانش را در جانم افروختند

و همه کسانی که خود را وقف دانایی کردند .

تایید پایان نامه کارشناسی ارشد توسط دانشجو

موضوع پایان نامه : ارزیابی عملکرد لرزه‌ای سازه‌های بلند با سیستم ترکیبی قاب خمشی و مهاربند کمانش تاب

استاد راهنما : دکتر بهروز عسگریان

نام دانشجو : فاطمه درخشان

شماره دانشجویی : ۸۹۱۷۲۸۴

اینجانب فاطمه درخشان دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران، گرایش مهندسی سازه دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه فوق‌الذکر توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تایید می‌باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است.

بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده‌است و در تدوین متن پایان‌نامه فرمت مصوب دانشکده مهندسی عمران را به طور کامل رعایت کرده‌ام.

امضا دانشجو :

تاریخ :

حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می باشد. هرگونه کپی برداری به صورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده عمران دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد.

کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست. همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی باشد.

تقدیر و تشکر

خداوند متعال را قدردانم که تمام تلاش های انجام شده در جهت انجام این پایان نامه جز با توکل و یاری او ممکن نبود.

اینجانب تکمیل این پایان نامه را مدیون کمک ها و راهنمایی های تمامی اساتید و دوستانی می دانم که مرا در مراحل مختلف انجام این تحقیق یاری نمودند. هرچند در این مجال امکان تشکر از تمام این عزیزان فراهم نیست، اما بر خود لازم می دانم تا آنجا که حافظه یاری می کند از افرادی که در خاطر دارم یاد نمایم.

برخود لازم می دانم که تشکری ویژه از استاد راهنمای گرانقدر خود، جناب آقای دکتر بهروز عسگریان داشته باشم که با رهنمودهای ارزشمند و حمایت های بی دریغشان مرا در تمامی مراحل این پایان نامه یاری نمودند. همچنین از استاد ارجمند، جناب آقای مهندس امیرپیمان زندی که استاد مشاور اینجانب در پایان نامه فوق الذکر بودند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

و در پایان از آقای دکتر حامد رحمن شکرگزار و آقای مهندس ادريس صالحی به خاطر راهنمایی های سودمندشان نهایت تشکر و امتنان را دارم.

فاطمه درخشان

پاییز ۱۳۹۱

چکیده

امروزه همگام با پیشرفت روش‌های تحلیلی و تکنولوژی‌های ساخت، گرایش روزافزونی به ساخت سازه‌های بلند ایجاد شده‌است، علاوه بر این به دلیل زلزله‌خیز بودن کشور ایران، نیاز به سیستم‌های کارآمد که برای سازه‌های بلند مناسب بوده و جهت کاهش خسارات زلزله نیز موثر باشند ضرورت می‌یابد.

در این پایان‌نامه عملکرد لرزه‌ای سازه‌ای ۳۰ طبقه با سیستم دوگانه‌ای شامل مهاربند کمانش‌تاب و قاب خمشی ویژه با توجه به عدم قطعیت‌های لرزه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور در ابتدا سازه به صورت ۳ بعدی طراحی و سپس یکی از قاب‌های پیرامونی آن با استفاده از نرم‌افزار Opensees به صورت دو بعدی مدل شده‌است. بدلیل تفاوت عملکرد سازه تحت زلزله‌های حوزه دور و حوزه نزدیک و تاثیرات مخرب‌تر زلزله‌های حوزه نزدیک، برای بررسی عملکرد لرزه‌ای سازه از دو دسته رکورد برای تحلیل IDA استفاده شده‌است که متشکل از ۱۵ رکورد حوزه دور و ۱۵ رکورد حوزه نزدیک می‌باشد. با توجه به اهمیت انتخاب پارامتر اندازه شدت، در تحلیل IDA در ابتدا چهار IM متفاوت بررسی و ظرفیت سازه تحت IM‌های مورد بررسی تعیین شده‌است. سپس با استفاده از نتایج تحلیل‌های IDA، منحنی شکنندگی، میانگین فراوانی سالیانه تجاوز از سطوح عملکردی و نمودار میانگین فراوانی سالیانه با دو روش PSDA و DCFD محاسبه شد.

براساس این مطالعه مشاهده می‌شود که سیستم پیشنهاد شده برای سازه ۳۰ طبقه تحت زلزله‌های حوزه نزدیک و حوزه دور الزامات عملکردی را ارضا می‌کند. همچنین اندازه شدت $Sa(T_n, 5\%)$ پارامتر مناسب‌تری برای سازه مورد بررسی می‌باشد و ظرفیت Sa سازه در هر دو دسته رکورد مورد بررسی افزایش چشمگیری نسبت به اندازه شدت $Sa(T_1, 5\%)$ داشته‌است، ضمن اینکه ظرفیت سازه تحت دسته رکورد حوزه نزدیک نسبت به دسته رکورد حوزه دور کمتر می‌باشد. همچنین میانگین فراوانی سالیانه محاسبه شده با دو روش PSDA و DCFD مربوط به دسته رکورد حوزه نزدیک بیشتر از دسته رکورد حوزه دور است.

کلمات کلیدی : سازه بلند، تحلیل دینامیکی افزایشی، سیستم دوگانه، بادبند کمانش‌تاب، زلزله حوزه

نزدیک، میانگین فراوانی سالیانه

فهرست مطالب

فصل اول : مقدمه و کلیات

- ۱-۱- مقدمه ۲
- ۲-۱- مهاربندکمانش تاب ۴
- ۱-۲-۱- تعریف ۴
- ۲-۲-۱- اجزای مهاربند کمانش تاب ۴
- ۳-۱- سازه های بلند ۵
- ۴-۱- سیستم دوگانه مهاربند کمانش تاب و قاب خمشی ویژه ۸
- ۵-۱- مروری بر مطالعات انجام شده ۹
- ۱-۵-۱- مطالعه جینکو کیم و همکاران در سال ۲۰۰۷ ۹
- ۲-۵-۱- مطالعه عسگریان و شکرگزار در سال ۲۰۰۸ ۱۰
- ۳-۵-۱- مطالعه آریاراتانا و فنستوک در سال ۲۰۰۹ ۱۲
- ۴-۵-۱- مطالعه جونز و زارعیان در سال ۲۰۱۰ ۱۳
- ۵-۵-۱- مطالعه آکمن و لارسن در سال ۲۰۱۱ ۱۵
- ۱-۶- ضرورت انجام پایان نامه ۱۶
- ۱-۷- روش انجام پایان نامه ۱۷
- ۱-۸- ساماندهی مطالب پایان نامه ۱۸

فصل دوم : معرفی تحلیل دینامیکی افزایشی و زلزله حوزه نزدیک

- ۱-۲- مقدمه ۲۱
- ۱-۱-۱- روش استاتیکی خطی ۲۱
- ۲-۱-۲- روش دینامیکی خطی ۲۱

۲۲	..... ۳-۱-۲- روش استاتیکی غیر خطی (بار افزون)
۲۲	..... ۴-۱-۲- روش دینامیکی غیر خطی
۲۲	..... ۲-۲- تحلیل دینامیکی افزایشی
۲۴	..... ۱-۲-۲- مفاهیم بنیادی
۲۵	..... ۲-۲-۲- تحلیل دینامیکی افزایشی چند رکورده
۲۸	..... ۳-۲-۲- انتخاب IM
۳۰	..... ۳-۲- زلزله حوزه نزدیک
۳۱	..... ۱-۳-۲- تشخیص انواع زلزله ها
۳۱	..... ۱-۱-۳-۲- فاصله از مرکز زلزله
۳۲	..... ۲-۱-۳-۲- جهت شکست زلزله و رو به جلو یا عقب بودن
۳۲	..... ۳-۱-۳-۲- پالسی بودن یا عدم پالسی بودن رکورد زلزله
۳۲	..... ۴-۱-۳-۲- قرار داشتن لنگر ناشی از رکورد در بازه ای مشخص
۳۲	..... ۵-۱-۳-۲- فرکانس مربوط به زلزله حوزه نزدیک
۳۳	..... ۶-۱-۳-۲- پاسخ غیر خطی سازه
۳۳	..... ۷-۱-۳-۲- اثر زلزله حوزه نزدیک بر تاثیر مدهای بالاتر
۳۳	..... ۸-۱-۳-۲- سرعت در زلزله حوزه نزدیک
۳۴	..... ۹-۱-۳-۲- شتاب در زلزله حوزه نزدیک
۳۴	..... ۴-۲- منابع عدم قطعیت در مسایل مهندسی
۳۵	..... ۵-۲- سطوح عملکرد
۳۵	..... ۱-۵-۲- سطح عملکرد آستانه فروریزش
۳۵	..... ۱-۵-۲- سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه

فصل سوم : طراحی سازه ۳۰ طبقه فولادی با استفاده از نرم افزار Etabs

۳۷	۱-۳- مقدمه
۳۷	۲-۳- سیستم های باربر جانبی در سازه های بلند
۳۸	۳-۳- معرفی سازه مورد بررسی
۳۹	۴-۳- هندسه سازه
۴۰	۵-۳- بارگذاری ثقلی
۴۱	۶-۳- بارگذاری جانبی
۴۲	۱-۶- تحلیل استاتیکی معادل
۴۳	۲-۶- تحلیل دینامیکی
۴۴	۷-۳- طراحی مقاطع
۴۵	۱-۷-۳- کنترل مقاومت ستون ها
۴۵	۲-۷-۳- کنترل تیرهای دهانه های مهاربندی
۴۶	۳-۷-۳- کنترل مهاربندها
۴۶	۴-۷-۳- کنترل تغییر مکان جانبی نسبی طبقات
۴۷	۵-۷-۳- مقاطع مورد استفاده در مدل قاب

فصل چهارم : مدلسازی قاب دو بعدی در نرم افزار Opensees

۵۰	۱-۴- مقدمه
۵۰	۲-۴- معرفی نرم افزار Opensees
۵۱	۱-۲-۴- ساخت مدل
۵۱	۱-۱-۲-۴- انواع مدل های مصالح تک محوره
۵۲	۲-۱-۲-۴- بررسی پارامترهای غیر خطی هندسی و مصالح

۵۵	..... انواع المان ۳-۱-۲-۴
۵۶	..... آنالیز ۲-۲-۲-۴
۵۶	..... مقید سازی ۱-۲-۲-۴
۵۶	..... شمارنده درجات آزادی ۲-۲-۲-۴
۵۷	..... سیستم ۳-۲-۲-۴
۵۷	..... آزمون ۴-۲-۲-۴
۵۷	..... الگوریتم ۵-۲-۲-۴
۵۸	..... انتگرالگیر ۶-۲-۲-۴
۵۸	..... آنالیز ۷-۲-۲-۴
۵۹	..... ثبت کننده ۳-۲-۲-۴
۵۹	..... Opensees مدلسازی قاب دو بعدی در نرم افزار ۳-۴
۶۰	..... مدلسازی تیرها ۱-۴-۳
۶۰	..... مدلسازی مهاربند ها ۲-۳-۴
۶۱	..... مدلسازی ستون ها ۳-۳-۴
۶۱	..... مدلسازی بار ۴-۳-۴
۶۱	..... مدلسازی جرم ۵-۳-۴
۶۲	..... مدلسازی میرایی ۶-۳-۴

فصل پنجم : تحلیل دینامیکی افزایشی (IDA)

۶۵	..... مقدمه ۱-۵
۶۵	..... تحلیل دینامیکی افزایشی ۲-۵
۶۶	..... رکوردهای ورودی انتخاب شده ۱-۲-۵

۶۸	..... انتخاب IM و DM مناسب
۶۹	..... تعیین سطوح عملکردی و تعریف حالات حدی در منحنی IDA
۷۱	..... منحنی های تحلیل IDA
۷۱	..... بررسی IM ها
۷۱	..... پارامتر اندازه شدت $Sa(T_1,5\%)$
۷۵	..... پارامتر اندازه شدت $Sa(T_n,5\%)$
۷۸	..... پارامتر اندازه شدت $Sv(T_1,5\%)$
۸۱	..... پارامتر اندازه شدت $Sd(T_1,5\%)$
۸۳	..... مقایسه مقادیر IM ها
۸۸	..... بررسی DM ها
۸۹	..... بررسی پارامتر اندازه خرابی تغییر مکان نسبی طبقات
۹۸	..... مقایسه مقادیر میانه پارامتر اندازه خرابی تغییر مکان نسبی طبقات
۱۰۱	..... بررسی پارامتر اندازه خرابی افزایش طول مهاربندها
۱۰۹	..... مقایسه مقادیر میانه پارامتر اندازه خرابی افزایش طول مهاربندها
۱۱۳	..... محاسبه ی میانگین فراوانی سالیانه ی وقوع حالات حدی
۱۱۳	..... روش PSDA
۱۱۴	..... منحنی شکنندگی
۱۱۸	..... میانگین فراوانی سالیانه
۱۲۰	..... روش DCFD
۱۲۵	..... میانگین فراوانی سالیانه

فصل ششم : نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

۱-۶- خلاصه	۱۳۷
۲-۶- نتایج	۱۳۸
۳-۶- پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی	۱۴۱
پیوست اول : نمودار شتابنگاشت های مورد استفاده	۱۴۳
پیوست دوم : منحنی های IDA مربوط به طبقات ۲ و ۶	۱۵۴
پیوست سوم : محاسبه میانگین فراوانی سالیانه تجاوز از حالات حدی	۱۶۳
پیوست چهارم : نمودار طیف فوریه شتاب نگاشت های استفاده شده	۱۸۹
منابع و ماخذ	۲۰۰

فهرست اشکال

فصل اول

- شکل ۱-۱: اجزای مهاربند کمانش تاب ۵
- شکل ۱-۲: بارهای جانبی وارد بر سازه (بار باد) ۶
- شکل ۱-۳: بارهای جانبی وارد بر سازه (بار زلزله) ۷
- شکل ۱-۴: شکل ساده شده ی تغییرمکان سیستم های دوگانه در ساختمان های بلند ۹
- شکل ۱-۵: (a) پلان قاب تیویی (b) پلان مهاربندی تیویی ۱۰
- شکل ۱-۶: نمای سازه های طراحی شده ۱۳
- شکل ۱-۷: نمای سه بعدی از سه سازه ۴۰ طبقه با سیستم مهاربندی کمانش تاب ۱۴
- شکل ۱-۸: نمای سیستم دوگانه ۱۵

فصل دوم

- شکل ۲-۱: جزئیات منحنی IDA ۲۴
- شکل ۲-۲: نمودارهای IDA تک رکوره برای یک ساختمان ۵ طبقه مهاربندی تحت چهار رکورد زلزله مختلف ۲۶
- شکل ۲-۳: صدکهای آماری منحنی های IDA ۲۷
- شکل ۲-۴: منحنی های IDA برای ساختمانی ۹ طبقه با قاب ممان گیر و پرپود ۲/۲ ثانیه ۲۸

فصل سوم

- شکل ۳-۱: پلان تیریزی و محل قرارگیری مهاربندها ۳۹
- شکل ۳-۲: نمایی از قاب های پیرامونی سازه ۴۰

فصل چهارم

- شکل ۴-۱: نمودار تنش- کرنش مصالح Steel102 ۵۲

شکل ۲-۴ : مقایسه شیب نمودار بار افزون مدل در نرم افزار Opensees با شیب نمودار نیرو-تغییر مکان در نرم افزار Etabs ۶۳

فصل پنجم

شکل ۱-۵ : دسته منحنی IDA مربوط به پارامتر اندازه شدت $Sa(T1,5\%)$ برای دسته رکورد حوزه دور ۷۲

شکل ۲-۵ : دسته منحنی IDA مربوط به پارامتر اندازه شدت $Sa(T1,5\%)$ برای دسته رکورد حوزه نزدیک ۷۲

شکل ۳-۵ : صدک های آماری مربوط به پارامتر اندازه شدت $Sa(T1,5\%)$ برای دسته رکورد حوزه دور ۷۳

شکل ۴-۵ : صدک های آماری مربوط به پارامتر اندازه شدت $Sa(T1,5\%)$ برای دسته رکورد حوزه نزدیک ۷۳

شکل ۵-۵ : طیف رکورد شماره ۶ از دسته رکورد حوزه دور ۷۴

شکل ۶-۵ : طیف رکورد شماره ۴ از دسته رکورد حوزه نزدیک ۷۴

شکل ۷-۵ : دسته منحنی IDA مربوط به پارامتر اندازه شدت $Sa(Tn,5\%)$ برای دسته رکورد حوزه دور ۷۶

شکل ۸-۵ : دسته منحنی IDA مربوط به پارامتر اندازه شدت $Sa(Tn,5\%)$ برای دسته رکورد حوزه نزدیک ۷۶

شکل ۹-۵ : صدک های آماری مربوط به پارامتر اندازه شدت $Sa(Tn,5\%)$ برای دسته رکورد حوزه دور ۷۷

شکل ۱۰-۵ : صدک های آماری مربوط به پارامتر اندازه شدت $Sa(Tn,5\%)$ برای دسته رکورد حوزه نزدیک ۷۷

شکل ۱۱-۵ : دسته منحنی IDA مربوط به پارامتر اندازه شدت $Sv(T1,5\%) / PGV$ برای دسته رکورد حوزه دور ۷۹

شکل ۱۲-۵ : دسته منحنی IDA مربوط به پارامتر اندازه شدت $Sv(T1,5\%) / PGV$ برای دسته رکورد حوزه دور ۷۹

شکل ۱۳-۵ : صدک های آماری مربوط به پارامتر اندازه شدت $Sv(T1,5\%) / PGV$ برای دسته رکورد حوزه دور ۸۰

شکل ۱۴-۵ : صدک های آماری مربوط به پارامتر اندازه شدت $Sv(T1,5\%) / PGV$ برای دسته رکورد حوزه نزدیک ۸۰

شکل ۱۵-۵ : دسته منحنی IDA مربوط به پارامتر اندازه شدت $Sd(T1,5\%) / PGD$ برای دسته رکورد حوزه دور ۸۱

شکل ۱۶-۵ : دسته منحنی IDA مربوط به پارامتر اندازه شدت $Sd(T1,5\%) / PGD$ برای دسته رکورد حوزه دور ۸۱

شکل ۱۷-۵ : صدک های مربوط به پارامتر اندازه شدت $Sd(T1,5\%) / PGD$ برای دسته رکورد حوزه دور ۸۲

- شکل ۱۸- ۵ : صدک های آماری مربوط به پارامتر اندازه شدت $S_d(T1,5\%) / PGD$ برای دسته رکورد حوزه نزدیک...۸۲
- شکل ۱۹- ۵ : مقدار میانه $S_a(T1)$ سازه برای دسته رکورد حوزه دور و نزدیک در سطح CP ۸۵
- شکل ۲۰- ۵ : مقدار میانه $S_a(T1)$ سازه برای دسته رکورد حوزه دور و نزدیک در سطح IO ۸۵
- شکل ۲۱- ۵ : مقدار میانه $S_a(Tn)$ سازه برای دسته رکورد حوزه دور و نزدیک در سطح CP ۸۵
- شکل ۲۲- ۵ : مقدار میانه $S_a(Tn)$ سازه برای دسته رکورد حوزه دور و نزدیک در سطح IO ۸۶
- شکل ۲۳- ۵ : مقدار میانه $S_v(T1)$ سازه برای دسته رکورد حوزه دور و نزدیک در سطح IO ۸۶
- شکل ۲۴- ۵ : مقدار میانه $S_v(T1)$ سازه برای دسته رکورد حوزه دور و نزدیک در سطح IO ۸۶
- شکل ۲۵- ۵ : مقدار میانه $S_d(T1)$ سازه برای دسته رکورد حوزه دور و نزدیک در سطح CP ۸۷
- شکل ۲۶- ۵ : مقدار میانه $S_d(T1)$ سازه برای دسته رکورد حوزه دور و نزدیک در سطح IO ۸۷
- شکل ۲۷- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۱ و دسته رکورد حوزه دور برای پارامتر تغییرمکان نسبی و $S_a(T1,5\%)$ ۸۹
- شکل ۲۸- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۱ و دسته رکوردحوزه نزدیک برای پارامتر تغییرمکان نسبی و $S_a(T1,5\%)$ ۹۰
- شکل ۲۹- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۱ و دسته رکورد حوزه دور برای پارامتر تغییرمکان نسبی و $S_a(Tn,5\%)$ ۹۱
- شکل ۳۰- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۱ و دسته رکورد حوزه نزدیک برای پارامتر تغییرمکان نسبی و $S_a(Tn,5\%)$ ۹۱
- شکل ۳۱- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۱۰ و دسته رکورد حوزه دور برای پارامتر تغییرمکان نسبی و $S_a(T1,5\%)$ ۹۲
- شکل ۳۲- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۱۰ و دسته رکورد حوزه نزدیک برای پارامتر تغییرمکان نسبی و $S_a(T1,5\%)$ ۹۳
- شکل ۳۳- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۱۰ و دسته رکورد حوزه دور برای پارامتر تغییرمکان نسبی و $S_a(Tn,5\%)$ ۹۴

- شکل ۳۴- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۱۰ و دسته رکورد حوزه دور برای پارامتر تغییرمکان نسبی و $Sa(Tn,5\%)$ ۹۴
- شکل ۳۵- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۲۰ و دسته رکورد حوزه دور برای پارامتر تغییرمکان نسبی و $Sa(T1,5\%)$ ۹۵
- شکل ۳۶- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۲۰ و دسته رکورد حوزه نزدیک برای پارامتر تغییرمکان نسبی و $Sa(T1,5\%)$ ۹۶
- شکل ۳۷- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۲۰ و دسته رکورد حوزه دور برای پارامتر تغییرمکان نسبی و $Sa(Tn,5\%)$ ۹۷
- شکل ۳۸- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۲۰ و دسته رکورد حوزه نزدیک برای پارامتر تغییرمکان نسبی و $Sa(Tn,5\%)$ ۹۷
- شکل ۳۹- ۵ : مقدار میانه $Sa(T1,5\%)$ طبقات ۱۰، ۲۰ و ۱۰۰ برای دسته رکورد حوزه دور در سطح IO ۹۹
- شکل ۴۰- ۵ : مقدار میانه $Sa(T1,5\%)$ طبقات ۱۰، ۲۰ و ۱۰۰ برای دسته رکورد حوزه نزدیک در سطح IO ۹۹
- شکل ۴۱- ۵ : مقدار میانه $Sa(Tn,5\%)$ طبقات ۱۰، ۲۰ و ۱۰۰ برای دسته رکورد حوزه دور در سطح IO ۱۰۰
- شکل ۴۲- ۵ : مقدار میانه $Sa(Tn,5\%)$ طبقات ۱۰، ۲۰ و ۱۰۰ برای دسته رکورد حوزه نزدیک در سطح IO ۱۰۰
- شکل ۴۳- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۱ و دسته رکورد حوزه دور برای پارامتر افزایش طول مهاربند و $Sa(T1,5\%)$ ۱۰۱
- شکل ۴۴- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۱ و دسته رکورد حوزه نزدیک برای پارامتر افزایش طول مهاربند و $Sa(T1,5\%)$ ۱۰۲
- شکل ۴۵- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۱ و دسته رکورد حوزه دور برای پارامتر افزایش طول مهاربند و $Sa(Tn,5\%)$ ۱۰۳
- شکل ۴۶- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۱ و دسته رکورد حوزه نزدیک برای پارامتر افزایش طول مهاربند و $Sa(Tn,5\%)$ ۱۰۳
- شکل ۴۷- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۱۰ و دسته رکورد حوزه دور برای پارامتر افزایش طول مهاربند و $Sa(T1,5\%)$ ۱۰۴

شکل ۴۸- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۱۰ و دسته رکورد حوزه نزدیک برای پارامتر افزایش طول
مهاربند و $Sa(T1,5\%)$ ۱۰۴

شکل ۴۹- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۱۰ و دسته رکورد حوزه دور برای پارامتر افزایش طول
مهاربند و $Sa(Tn,5\%)$ ۱۰۵

شکل ۵۰- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۱۰ و دسته رکورد حوزه نزدیک برای پارامتر افزایش طول
مهاربند و $Sa(Tn,5\%)$ ۱۰۶

شکل ۵۱- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۲۰ و دسته رکورد حوزه دور برای پارامتر افزایش طول
مهاربند و $Sa(T1,5\%)$ ۱۰۷

شکل ۵۲- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۲۰ و دسته رکورد حوزه نزدیک برای پارامتر افزایش طول
مهاربند و $Sa(T1,5\%)$ ۱۰۷

شکل ۵۳- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۲۰ و دسته رکورد حوزه دور برای پارامتر افزایش طول
مهاربند و $Sa(Tn,5\%)$ ۱۰۸

شکل ۵۴- ۵ : منحنی IDA و صدک های آماری مربوط به طبقه ۲۰ و دسته رکورد حوزه نزدیک برای پارامتر افزایش طول
مهاربند و $Sa(Tn,5\%)$ ۱۰۸

شکل ۵۵- ۵ : مقدار میانه $Sa(T1,5\%)$ طبقات ۱۰، ۲۰ و ۱۰، ۲۰ برای دسته رکورد حوزه دور در ۵۰٪ افزایش طول
پلاستیک ۱۱۱

شکل ۵۶- ۵ : مقدار میانه $Sa(T1,5\%)$ طبقات ۱۰، ۲۰ و ۱۰، ۲۰ برای دسته رکورد حوزه نزدیک در ۵۰٪ افزایش طول
پلاستیک ۱۱۱

شکل ۵۷- ۵ : مقدار میانه $Sa(Tn,5\%)$ طبقات ۱۰، ۲۰ و ۱۰، ۲۰ برای دسته رکورد حوزه دور در ۵۰٪ افزایش طول
پلاستیک ۱۱۱

شکل ۵۸- ۵ : مقدار میانه $Sa(T1,5\%)$ طبقات ۱۰، ۲۰ و ۱۰، ۲۰ برای دسته رکورد حوزه نزدیک در ۵۰٪ افزایش طول
پلاستیک ۱۱۲

شکل ۵۹- ۵ : طیف خطر یکنواخت ساده شده ۱۱۴

شکل ۶۰- ۵ : منحنی شکنندگی برای دسته رکورد حوزه دور و پارامتر اندازه شدت $Sa(T1,5\%)$ ۱۱۵

- شکل ۶۱- ۵ : منحنی شکنندگی برای دسته رکورد حوزه نزدیک و پارامتر اندازه شدت $Sa(T1,5\%)$ ۱۱۵
- شکل ۶۲- ۵ : منحنی شکنندگی برای دسته رکورد حوزه دور و پارامتر اندازه شدت $Sa(Tn,5\%)$ ۱۱۵
- شکل ۶۳- ۵ : منحنی شکنندگی برای دسته رکورد حوزه نزدیک و پارامتر اندازه شدت $Sa(Tn,5\%)$ ۱۱۶
- شکل ۶۴- ۵ : مقایسه منحنی شکنندگی مربوط به دسته رکورد حوزه دور و نزدیک و پارامتر اندازه شدت $Sa(T1,5\%)$ در سطح عملکرد IO ۱۱۶
- شکل ۶۵- ۵ : مقایسه منحنی شکنندگی مربوط به دسته رکورد حوزه دور و نزدیک و پارامتر اندازه شدت $Sa(T1,5\%)$ در سطح عملکرد CP ۱۱۷
- شکل ۶۶- ۵ : مقایسه منحنی شکنندگی مربوط به دسته رکورد حوزه دور و نزدیک و پارامتر اندازه شدت $Sa(Tn,5\%)$ در سطح عملکرد IO ۱۱۷
- شکل ۶۷- ۵ : مقایسه منحنی شکنندگی مربوط به دسته رکورد حوزه دور و نزدیک و پارامتر اندازه شدت $Sa(Tn,5\%)$ در سطح عملکرد CP ۱۱۸
- شکل ۶۸- ۵ : میانگین فراوانی سالیانه مربوط به دسته رکورد حوزه دور و نزدیک و پارامتر اندازه شدت $Sa(T1,5\%)$ در سطح عملکرد IO ۱۱۹
- شکل ۶۹- ۵ : میانگین فراوانی سالیانه مربوط به دسته رکورد حوزه دور و نزدیک و پارامتر اندازه شدت $Sa(T1,5\%)$ در سطح عملکرد CP ۱۱۹
- شکل ۷۰- ۵ : میانگین فراوانی سالیانه مربوط به دسته رکورد حوزه دور و نزدیک و پارامتر اندازه شدت $Sa(Tn,5\%)$ در سطح عملکرد IO ۱۱۹
- شکل ۷۱- ۵ : میانگین فراوانی سالیانه مربوط به دسته رکورد حوزه دور و نزدیک و پارامتر اندازه شدت $Sa(Tn,5\%)$ در سطح عملکرد CP ۱۲۰
- شکل ۷۲- ۵ : میانگین فراوانی سالیانه مربوط به دسته رکورد حوزه دور و نزدیک و پارامتر اندازه شدت $Sa(T1,5\%)$ در سطح IO و حالت ۱ ۱۲۶
- شکل ۷۳- ۵ : میانگین فراوانی سالیانه مربوط به دسته رکورد حوزه دور و نزدیک و پارامتر اندازه شدت $Sa(T1,5\%)$ در سطح CP و حالت ۱ ۱۲۶