دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در مهندسی عمران - گرایش سازه

عنوان:

تعیین احتمالاتی عملکرد قاب خمشی بتن مسلح با شکل پذیری زیاد

اساتید راهنما:

دکتر ناصر شابختی

تحقیق و نگارش:

سید مرتضی خراشادی زاده

(این پایان نامه از حمایت مالی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

بهمن ۱۳۸۹

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان تعیین احتمالاتی عملکرد قاب خمشی بتن مسلح با شکل پذیری زیاد قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد مهندسی عمران - گرایش سازه توسط دانشجو سید مرتضی خراشادی زاده تحت راهنمایی استاد پایان نامه دکتر ناصر شابختی تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می باشد.

سید مرتضی خراشادی زاده

این پایان نامه ۶ واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ..... توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

نام و نام خانوادگی **امضاء** **تاریخ**

استاد راهنما:

استاد راهنما:

استاد مشاور:

داور ۱:

داور ۲:

نماینده تحصیلات تکمیلی:

دانشگاه سیستان و بلوچستان

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب سید مرتضی خراشادی زاده تأیید می کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: سید مرتضی خراشادی زاده

امضاء

تقدیم به:

پدر و مادر مهربان

و

همسر فداکارم

سپاسگذاری

قبل از هر چیز از خداوند متعال سپاس گذارم که لطف و رحمت بی پایانش همواره مایه آرامش و امید من بوده و هست.
سپاس گذارم از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر ناصر شابختی که تلاش های بی دریغشان هر لحظه رهنمون راهم بوده است.
لازم می دانم از اساتید محترم دانشکده آقایان دکتر محمد رضا قاسمی، دکتر محمد رضا سهرابی، دکتر غلامحسین اکبری دکتر محمود میری، دکتر مهدی اژدری مقدم تشکر و قدردانی نمایم.
همچنین از دوست عزیزم جناب آقای مهندس فردین اژدری دانشجوی دکتری دانشگاه سیستان و بلوچستان که در این مدت یار و همراه اینجانب بوده و بدون کمک ایشان موفق به انجام این مهم نبوده ام، تشکر و قدردانی می نمایم.

چکیده

طراحی در مهندسی عمران از عدم قطعیت های گوناگونی برخورداراست. بعضی از آنها واضح بوده و بعضی بعلت ناشناخته بودن پنهان باقی می مانند. عدم قطعیت ها را در مهندسی می توان به دو گروه بزرگ تصادفی و عدم قطعیت در شناخت سیستم و اجزای آن تقسیم بندی نمود. گروه اول از ماهیتی تصادفی برخوردار بوده در حالی که گروه دوم مربوط به میزان علم و دانش بشری از رفتار کل و اجزای سیستم می باشد. از مهمترین منابع اصلی عدم قطعیت در مهندسی عمران می توان به محدویت های آماری، محدودیت در مدلسازی از یک سازه یا مساله پیچیده فیزیکی، ناشی از ماهیت ذاتا تصادفی آن پدیده، و در نهایت ناشی از خطای بشری دانست. درصورتی که عمده عدم قطعیت ها در مهندسی عمران را می توان ناشی از عواملی مانند بارگذاری، مقاومت، آنالیز وغیره درنظر گرفت. پارامترهای مربوط به بارگذاری باتوجه به ماهیت طبیعی تصادفی بارها می باشند. معمولا مقادیر پیشنهاد شده توسط آیین نامه ها جهت این نوع بارها از روشهای آماری بدست آمده است. مقاومت یک سیستم سازه ای نیز به عوامل گوناگون از جمله ابعاد مقطع، سطح و ممان اینرسی مقطع، مقاومت تسلیم اعضای سازه، مدول یانگ و... بستگی دارد که در هرکدام از موارد ذکر شده نیز عدم قطعیت هایی وجود دارد. روش های آنالیز یک سازه نیز همواره با فرضیات ساده کننده زیادی همراه بوده است و در نهایت خطای انسانی در هر کدام از مراحل طراحی یا ساخت نیز جزء جدایی ناپذیز از علم مهندسی می باشد. درآیین نامه های فعلی معمولا با تعریف ضرایبی برای افزایش بارها وکاهش مقاومت سازه، این نوع از عدم اطمینان ها را در طراحی در نظر می گیرند و در نهایت نسبت مقاومت به بار وارده را با یک ضریب بزرگتر از واحد بنام ضریب اطمینان تعریف می شود. از آنجایی که این ضریب به تنهایی نمی تواند عدم قطعیت موجود در بارها و مقاومت را منعکس نماید و در مورد میزان احتمال خرابی سازه هیچ گونه اطلاعاتی ارائه نمی دهد لذا در این پایان نامه سعی شده تا با مدلسازی قاب های خمشی بتن مسلح ویژه به بررسی عدم قطعیت های موجود در روند تعیین نقطه عملکرد سازه پرداخته و با انجام آنالیز احتمالاتی بر روی متغیرهای تصادفی بار و مقاومت، میزان حساسیت عملکرد قاب ها نسبت به پارامترهای مورد بررسی تعیین گردد. نتایج تحقیقات صورت گرفته در این پایان نامه حاکی از این مطلب می باشد که بیشترین میزان حساسیت نقطه عملکرد در کلیه قاب های مورد بررسی صرف نظر از ارتفاع آن ها، از میان پارامترهای مقاومتی، مربوط به ابعاد مقاطع اعضای بتنی می باشد و برخلاف تصور این میزان نسبت به پارامتر تصادفی مقاومت فشاری بتن در تمامی قاب ها از رقم کوچکی برخوردار است.

همچنین بررسی های انجام شده نشان می دهد که حساسیت عملکردی قاب ها نسبت به تغییرات بار مرده بیشتر از بار زنده می باشد. اما بررسی های میدانی محققین و نتایج حاصله آن نشان میدهد پارامتر تصادفی بار زنده به مراتب ماهیت تصادفی تری نسبت به بار مرده دارا می باشد. لازم است این نکته بیان شود که عدم قطعیت های موجود در بار زنده به مراتب از بار مرده بیشتر می باشد. توجه شود که بار مرده وزن اجزاء سازه ای و غیر سازه ای می باشد، مقادیری که می توان در طول عمر سازه تا حدودی پیش بینی نمود، اما این مقدار برای بار زنده غیر قابل پیش بینی می باشد.

در جداول بارگذاری ارائه شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، مقدار اسمی بار مرده وارد بر سازه ها بیشتر از بار زنده وارد بر آن ها منظور می شود ($DL = 600kg/cm^2$ و $LL = 200kg/cm^2$)، علاوه بر این حضور بار مرده در ترکیبات بارهای وارده پیشنهادی به مراتب از بار زنده بیشتر می باشد، و از آن جایی که بار ثقلی هم در تحلیل خطی و هم در تحلیل غیر خطی استاتیکی تاثیر گذار است، لذا خارج از انتظار نمی باشد که حساسیت عملکردی قاب نسبت به بار مرده از مقدار مشابه بار زنده بیشتر باشد.

کلمات کلیدی:قاب خمشی بتن مسلح ویژه، تحلیل استاتیکی غیرخطی، اصول عدم قطعیت ها، منابع عدم قطعیت، روش های احتمالاتی، آنالیز حساسیت

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول:مقدمه..... ..... ۱

۱-۱- تاریخچه..... ۲

۱-۲- لزوم بررسی موضوع..... ۲

۱-۳- بیان مسئله..... ۴

۱-۴- اهداف و متدولوژی..... ۵

۱-۵- آرایش پایان نامه..... ۵

فصل دوم عدم قطعیت ها و بررسی مدل های احتمالاتی..... ۷

۲-۱- مقدمه ۸

۲-۱-۱- عدم قطعیت و تاریخچه آن..... ۸

۲-۱-۲- قابلیت اعتماد و لزوم بررسی آن..... ۹

۲-۱-۳- منابع عدم قطعیت ها..... ۱۰

۲-۲- عدم قطعیت در بارها..... ۱۲

۲-۲-۱- بارهای ثقلی..... ۱۲

۲-۲-۱-۱- بار مرده..... ۱۳

۲-۲-۱-۲- بار زنده..... ۱۴

۲-۲-۱-۲-۱- بار زنده ماندگار..... ۱۴

۲-۲-۱-۲-۲- بار زنده گذرا..... ۱۴

۲-۳- عدم قطعیت در مقاومت..... ۱۶

۲-۳-۱- مشخصات بتن..... ۱۶

۲-۳-۲- مشخصات فولاد..... ۱۸

۲-۳-۳- تغییرات ابعادی..... ۱۹

۲-۴- راههای کاهش عدم قطعیت ها در مهندسی عمران..... ۲۰

۲-۵- بررسی مدل های احتمالاتی..... ۲۱

۲-۵-۱- مقدمه..... ۲۱

۲-۵-۲- تعریف متغیرهای آماری..... ۲۱

۲-۵-۲-۱- امید ریاضی متغیرهای تصادفی..... ۲۱

۲-۵-۲-۲- واریانس یک متغیر تصادفی..... ۲۲

۲-۵-۲-۳- انحراف معیار یک متغیر تصادفی..... ۲۲

۲-۵-۲-۴- ضریب پراکندگی یک متغیر تصادفی..... ۲۳

۲-۵-۲-۵- آنالیزحساسیت متغیرهای تصادفی..... ۲۳

۲-۵-۳- مشخصات توزیع احتمالاتی ۲۴
۲-۵-۳-۱- متغیرتصادفی ۲۴
۲-۵-۳-۲- توابع احتمال متغیرهای تصادفی ۲۴
۲-۵-۳-۳- توابع چگالی احتمال متداول ۲۵
۲-۵-۴- شبیه سازی مونت کارلو ۲۹
۲-۵-۵- تولید اعداد متغیرهای تصادفی ۳۰
۲-۵-۵-۱- متغیرتصادفی نرمال استاندارد ۳۰
۲-۵-۵-۲- متغیرتصادفی نرمال ۳۲
۲-۵-۵-۳- متغیر تصادفی لوگ نرمال ۳۲

فصل سوم: تحلیل استاتیکی غیر خطی و تعیین نقطه عملکرد ۳۳
۳-۱- مقدمه ۳۴
۳-۲- تحلیل استاتیکی غیر خطی ۳۷
۳-۲-۱- جابجایی نقطه کنترلی ۴۶
۳-۲-۲- الگوهای بار جانبی ۵۳
۳-۳- انجام تحلیل فشار افزون ۵۶
۳-۴- الزامات تحلیل فشار افزون ۵۸
۳-۵- طراحی بر اساس عمکرد ۶۵
۳-۵-۱- انواع سطوح عملکردی ۶۵
۳-۵-۲- روش طیف ظرفیت ۶۸
۳-۵-۳- تبدیل منحنی ظرفیت به طیف ظرفیت ۶۸
۳-۵-۴- طیف نیاز در ساختار ADRS ۷۰
۳-۶- محاسبه میرایی ویسکوز معادل ۷۱
۳-۷- کاهش طیف نیاز با میرایی ۵٪ ۷۸
۳-۸- تعیین نقطه عملکرد ۷۹

فصل چهارم: بررسی منابع عدم قطعیت در تعیین نقطه عملکرد معین ۸۳
۴-۱- مقدمه ۸۴
۴-۲- منابع عدم قطعیت در ظرفیت سازه ۸۵
۴-۲-۱- مشخصات مصالح ۸۵
۴-۲-۲- مشخصات هندسی مصالح ۸۶
۴-۲-۳- کیفیت اجرا ۸۷
۴-۲-۴- کیفیت نگهداری سازه ۸۸
۴-۲-۵- مدل رفتاری سازه ۸۸
۴-۲-۶- اثر اجزاء غیر سازه ای ۸۹
۴-۳- منابع عدم قطعیت در نیاز سازه ۸۹
۴-۳-۱- عدم قطعیت در بار ها ۸۹

۴-۳-۲- میرایی سازه ۹۱
۴-۳-۳- سختی سازه ۹۲
۴-۳-۴- پریود موثر مود های ارتعاشی سازه ۹۳
۴-۳-۵- تمرکز جرم گسترده سازه ۹۳
۴-۳-۶- مدل رفتاری سازه ۹۴
۴-۳-۷- مراحل تحلیل سازه ۹۴
۴-۳-۸- نوع تحلیل سازه ۹۶
۴-۳-۹- امتداد قرار گیری سازه نسبت به گسل مسبب زلزله ۹۶

فصل پنجم: روند انجام مدل سازی و مطالعات انجام شده ۹۷
۵-۱- مقدمه ۹۸
۵-۲- پارامترهای به کارگرفته شده درمدلسازی بارهای وارده ۹۸
۵-۲-۱- بارمرده ۹۸
۵-۲-۲- بارزنده ۹۹
۵-۳- پارامترهای به کارگرفته درمدلسازی مقاومت ۱۰۰
۵-۳-۱- بتن و فولاد ۱۰۰
۵-۳-۲- ابعاد ۱۰۳
۵-۴- مدل سازی قاب در نرم افزار SAP۲۰۰۰ V۱۲ ..... ۱۰۴
۵-۴-۱- مقدمه ۱۰۴
۵-۴-۲- ابعاد ،مشخصات ومصالح مورد استفاده درمدلسازی ۱۰۵
۵-۴-۳- تحلیل استاتیکی خطی ۱۰۵
۵-۴-۴- کنترل تغییر مکان نسبی ۱۰۷
۵-۴-۵- اختصاص مفاصل پلاستیک ۱۰۸
۵-۴-۶- تحلیل استاتیکی غیر خطی ۱۰۹
۵-۴-۷- منحنی ظرفیت ۱۰۹
۵-۴-۸- نقاط عملکرد ۱۱۰
۵-۵- آشنایی با نرم افزار Best fit و نحوه استفاده از آن ۱۱۱
۵-۵-۱- آزمون مربع کای ۱۱۳

فصل ششم: نتایج بررسی احتمالاتی عملکرد قاب خمشی بتن مسلح ویژه و تفسیر آن ها ۱۱۶
۶-۱- مقدمه ۱۱۷
۶-۲- بررسی احتمالاتی نقطه عملکرد قاب ۱۱۷
۶-۲-۱- قاب سه طبقه ۱۱۷
۶-۲-۱-۱- پارامتر تصادفی بار ۱۱۷
۶-۲-۱-۲- پارامتر تصادفی مقاومت ۱۲۰
۶-۲-۲- قاب شش طبقه ۱۲۷
۶-۲-۲-۱- پارامتر تصادفی بار ۱۲۷

۶-۲-۲-۲- پارامتر تصادفی مقاومت ۱۳۰
۶-۲-۳- قاب ده طبقه ۱۳۶
۶-۲-۳-۱- پارامتر تصادفی بار ۱۳۶
۶-۲-۳-۲- پارامتر تصادفی مقاومت ۱۳۸

فصل هفتم: نتیجه گیری کلی و پیشنهادات ۱۵۰
۷-۱- مقدمه ۱۵۱
۷-۲- نتیجه گیری کلی ۱۵۱
۷-۳- پیشنهادات ۱۵۲

مراجع ۱۵۴

فهرست جداول

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۲-۱- بار مرده و ضریب تغییرات پیشنهادی در مراجع ۱۳
جدول۲-۲- بار زنده و ضریب تغییرات پیشنهادی درمراجع ۱۵
جدول۲-۳- پارامتر های آماری بتن پیشنهادی در مراجع ۱۷
جدول۲-۴- مدول یانگ و تنش تسلیم فولاد و ضریب تغییرات پیشنهادی در مراجع ۱۹
جدول۲-۵- مشخصات هندسی مقاطع و ضریب تغییرات پیشنهادی در مراجع ۲۰
جدول۳-۱- مقادیر ضریب C_0 ۵۰
جدول۳-۲- مقادیر ضریب C_m ۵۲
جدول۳-۳- مقادیر ضریب . تابع چگالی احتمال ۵۲
جدول۳-۴- انواع رفتار سازه ای برای ساختمان ها و مدت تحریک های متفاوت ۷۷
جدول۳-۵- مقادیر ضریب اصلاح میرایی ۷۷
جدول۳-۶- مقادیر مینیمم ضرایب کاهش طیفی ۷۹
جدول۵-۱- ضریب تغییرات ماکزیمم بار زنده در مدت بهره برداری ۵۰ سال ۹۹
جدول۵-۲- پارامتر های آماری بتن ۱۰۲
جدول۵-۳- پارامترهای آماری فولاد ۱۰۲
جدول۵-۴- پارامترهای آماری بتن و فولاد مورد استفاده ۱۰۳
جدول۵-۵- بارهای ثقلی مورد استفاده در مدلسازی ۱۰۵
جدول۵-۶- ضریب برش پایه قاب های مورد بررسی ۱۰۷
جدول۵-۷- مقادیر نقطه عملکرد معین قاب های مورد بررسی ۱۱۱
جدول۶-۱- نتایج آنالیز احتمالاتی پارامتر تصادفی بار در قاب سه طبقه ۱۱۸
جدول۶-۲- نتایج آنالیز احتمالاتی پارامتر تصادفی مقاومت در قاب سه طبقه ۱۲۵
جدول ۶-۳- اولویت بندی حساسیت نقطه عملکرد قاب سه طبقه ۱۲۵
جدول۶-۴- نتایج آنالیز احتمالاتی پارامتر تصادفی بار در قاب شش طبقه ۱۲۹
جدول۶-۵- نتایج آنالیز احتمالاتی پارامتر تصادفی مقاومت در قاب شش طبقه ۱۳۴
جدول ۶-۶- اولویت بندی حساسیت نقطه عملکرد قاب شش طبقه ۱۳۴
جدول۶-۷- نتایج آنالیز احتمالاتی پارامتر تصادفی بار در قاب ده طبقه ۱۳۸
جدول۶-۸- نتایج آنالیز احتمالاتی پارامتر تصادفی مقاومت در قاب ده طبقه ۱۴۴
جدول۶-۹- اولویت بندی حساسیت نقطه عملکرد قاب ده طبقه ۱۴۴

فهرست شکل ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل۲-۱- هیستوگرام داده ها ۲۵
شکل۲-۲- توابع چگالی و توزیع تجمعی احتمال ۲۷
شکل۳-۱- شبیه سازی MDOF بوسیله SDOF ۳۵
شکل۳-۲- نمونه منحنی فشار افزون ۳۶
شکل۳-۳- مشخصات نیرو-جابجایی سازه چند درجه آزادی و سیستم یک درجه آزادی ۴۲
شکل۳-۴- پاسخ جابجایی بام در مقابل برش پایه استاتیکی سیستم چند درجه آزادی ۴۳
شکل۳-۵- روش طیف ظرفیت ۴۸
شکل۳-۶- الگوهای بار نمونه آیین نامه ۵۵
شکل۳-۷- تفاوت بین الگوهای بار نمونه آیین نامه ۵۵
شکل۳-۸- تشریح تحلیل فشار افزون ۵۷
شکل۳-۹- تغییرات جابجایی نسبی گریز طبقه در طول ارتفاع سازه قابی ۶۱
شکل۳-۱۰- نسبت جابجایی نسبی گریز طبقه به جابجایی نسبی کل ۶۲
شکل۳-۱۱- افزایش تقاضای برش پایه برای سازه های با عملکرد دیوار ۶۳
شکل۳-۱۲- لنگر های واژگونی طبقه برای سازه های دیوار ۶۴
شکل۳-۱۳- منحنی ظرفیت و طیف متناظر آن ۷۰
شکل۳-۱۴- طیف پاسخ در دو ساختار معمول و ADRS ۷۱
شکل۳-۱۵- حلقه هیسترزیس بار- جابجایی ۷۳
شکل۳-۱۶- تقریب منحنی هیسترزیس ۷۵
شکل۳-۱۷- تعیین نقطه عملکرد با استفاده از حل دقیق ۸۲
شکل ۵-۱- منحنی ظرفیت قاب های شش و ده طبقه ۱۱۰
شکل ۵-۲- نموذار طیف ظرفیت ۱۱۰
شکل۵-۳- صفحه اصلی Bestfit ۱۱۲
شکل۶-۱- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی بار مرده قاب سه طبقه(ATC) ۱۱۸
شکل۶-۲- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی بار مرده قاب سه طبقه(FEMA) ۱۱۹
شکل۶-۳- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی بار زنده قاب سه طبقه(ATC) ۱۱۹
شکل۶-۴- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی بار زنده قاب سه طبقه(FEMA) ۱۱۹
شکل۶-۵- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مقاومت فشاری بتن قاب سه طبقه(ATC) ۱۲۱

شکل۶-۶- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مقاومت فشاری بتن قاب..... ۱۲۱
سه طبقه (FEMA)
شکل۶-۷- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مدول الاستیسیته بتن قاب..... ۱۲۲
سه طبقه(ATC)
شکل۶-۸- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مدول الاستیسیته بتن قاب..... ۱۲۲
سه طبقه (FEMA)
شکل۶-۹- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مقاومت تسلیم آرماتور قاب..... ۱۲۳
سه طبقه(ATC)
شکل۶-۱۰- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مقاومت تسلیم آرماتور قاب..... ۱۲۳
سه طبقه (FEMA)
شکل۶-۱۱- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی ابعاد مقطع تیر قاب..... ۱۲۴
سه طبقه(ATC)
شکل۶-۱۲- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی ابعاد مقطع تیرقاب..... ۱۲۴
سه طبقه(FEMA)
شکل۶-۱۳- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی بار مرده قاب..... ۱۲۷
شش طبقه(ATC)
شکل۶-۱۴- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی بار مرده قاب..... ۱۲۸
شش طبقه(FEMA)
شکل۶-۱۵- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی بار زنده قاب..... ۱۲۸
شش طبقه(ATC)
شکل۶-۱۶- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی بار زنده قاب..... ۱۲۸
شش طبقه(FEMA)
شکل۶-۱۷- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مقاومت فشاری بتن قاب..... ۱۳۰
شش طبقه(ATC)
شکل۶-۱۸- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مقاومت فشاری بتن قاب..... ۱۳۰
شش طبقه(FEMA)
شکل۶-۱۹- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مدول الاستیسیته بتن قاب..... ۱۳۱
شش طبقه(ATC)
شکل۶-۲۰- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مدول الاستیسیته بتن قاب..... ۱۳۱
شش طبقه(FEMA)
شکل۶-۲۱- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مقاومت تسلیم آرماتور قاب..... ۱۳۲
شش طبقه(ATC)
شکل۶-۲۲- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مقاومت تسلیم آرماتور قاب..... ۱۳۲
شش طبقه(FEMA)
شکل۶-۲۳- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی ابعاد مقطع تیر قاب..... ۱۳۳
شش(ATC)
شکل۶-۲۴- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی ابعاد مقطع تیر قاب..... ۱۳۳

شش طبقه(FEMA)
شکل۶-۲۵- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی بار مرده قاب..... ۱۳۶
ده طبقه(ATC)
شکل۶-۲۶- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی بار مرده قاب..... ۱۳۷
ده طبقه(FEMA)
شکل۶-۲۷- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی بار زنده قاب..... ۱۳۷
ده طبقه(FEMA)
شکل۶-۲۸- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی بار زنده قاب..... ۱۳۷
ده طبقه(ATC)
شکل۶-۲۹- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مقاومت فشاری بتن قاب..... ۱۴۰
ده طبقه(FEMA)
شکل۶-۳۰- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مقاومت فشاری بتن قاب..... ۱۴۰
ده طبقه(ATC)
شکل۶-۳۱- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مدول الاستیسیته بتن قاب..... ۱۴۱
ده طبقه (FEMA)
شکل۶-۳۲- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مدول الاستیسیته بتن قاب..... ۱۴۱
ده طبقه(ATC)
شکل۶-۳۳- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مقاومت تسلیم آرماتور قاب..... ۱۴۲
ده طبقه(FEMA)
شکل۶-۳۴- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی مقاومت تسلیم آرماتور قاب..... ۱۴۲
ده طبقه(ATC)
شکل۶-۳۵- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی ابعاد مقطع تیر قاب..... ۱۴۳
ده طبقه(FEMA)
شکل۶-۳۶- تابع چگالی احتمال نقاط عملکرد متغیر تصادفی ابعاد مقطع تیر قاب..... ۱۴۳
ده طبقه(ATC)

فهرست نمودار ها

عنوان نمودار **صفحه**

نمودار ۶-۱مقایسه مقادیر ضریب تغییرات پارامترهای تصادفی قاب سه طبقه..... ۱۲۶
نمودار۶-۲ مقایسه مقادیر ضریب تغییرات پارامترهای تصادفی قاب سه طبقه..... ۱۳۵
نمودار۶-۳ مقایسه مقادیر ضریب تغییرات پارامترهای تصادفی قاب سه طبقه..... ۱۴۵
نمودار۶-۴ مقایسه مقادیر ضریب تغییرات پارامتر تصادفی بار مرده در قاب های مورد بررسی... ۱۴۵
نمودار۶-۵ مقایسه مقادیر ضریب تغییرات پارامتر تصادفی بار زنده در قاب های مورد بررسی... ۱۴۶
نمودار۶-۶ مقایسه مقادیر ضریب تغییرات پارامتر تصادفی مقاومت فشاری بتن در
قاب های مورد بررسی..... ۱۴۷
نمودار۶-۷ مقایسه مقادیر ضریب تغییرات پارامتر تصادفی مدول الاستیسیته بتن در
قاب های مورد بررسی..... ۱۴۷
نمودار۶-۸ مقایسه مقادیر ضریب تغییرات پارامتر تصادفی مقاومت تسلیم آرماتور در
قاب های مورد بررسی..... ۱۴۸
نمودار۶-۹ مقایسه مقادیر ضریب تغییرات پارامتر تصادفی ابعاد در قاب های مورد بررسی..... ۱۴۹

فهرست علائم

علامت	نشانه
$(cm^4)\ I_c$	ممان اینرسی ستون
$(cm^4)\ I_b$	ممان اینرسی تیر
$E(X)$	امید ریاضی x
$\overline{X}$	میانگین متغیر تصادفی x
$(cm^2)\ A_c$	سطح مقطع ستون
$(cm^2)\ A_b$	سطح مقطع تیر
$Var(x)$	واریانس متغیر تصادفی x
$(kg/cm^2)\ E$	مدول الاستیسیته فولاد
$(cm)\ H$	ارتفاع قاب
$(cm)\ B$	طول دهانه قاب
σ_x	انحراف معیار استاندارد
V_x	ضریب تغییرات
PDF	تابع چگالی احتمال
$f_X(x)$	تابع چگالی احتمال
$\frac{K}{EI_C/H^3}$	سختی الاستیک قاب
$(kg/cm)\ K_i$	سختی اولیه سازه
$(kg/cm)\ K_e$	سختی موثر سازه
PMF	تابع جرم احتمال
$(kg)\ V_y$	نیروی برشی متناظر با گسیختگی سازه
$(kg)\ V_e$	نیروی برشی متناظر با حالت الاستیک در قاب

$(kg)\ V_P$	نیروی برشی متناظر با حالت پلاستیک در قاب
$(s)\ T$	زمان تناوب سازه
$(s)\ T_i$	زمان تناوب اولیه‌ی سازه
$(s)\ T_e$	زمان تناوب اصلی موثر ساختمان
$(cm)\ \Delta_m$	تغییر مکان نقطه‌ی عملکرد سازه
$(cm)\ \delta_t$	تغییر مکان هدف
C_0	ضریب مشارکت مود اول
C_2	ضریب کاهش سختی
C_m	ضریب جرم موثر در مود اول
S_a	شتاب طیفی
S_d	جابجایی طیفی
α_1	ضریب جرم مدال در مد اول ارتعاش سازه
PF_1	ضریب مشارکت مدال در مود اول
$(kg)\ W_i$	وزن طبقه‌ی iام
$(cm)\ \Delta_{roof}$	تغییر مکان بام
$(s)\ \phi_{i1}$	دامنه ی مد اول در تراز i ام
SR_A	ضریب کاهش طیفی در ستاب ثابت
SR_V	ضریب کاهش طیفی در سرعت ثابت
β_0	میرایی ویسکوز ذاتی سازه
β_{eq}	میرایی ویسکوز معادل
β_{eff}	میرایی ویسکوز موثر
$(kg.cm)\ E_D$	میزان انرژی جذب شده
$(kg.cm)\ E_{so}$	ماکزیمم انرژی کرنشی
$\alpha_A(\beta_{eff})$	ضریب تشدید نواحی شتاب ثابت
$\alpha_v(\beta_{eff})$	ضریب تشدید نواحی سرعت ثابت

$(kg)\ W$	وزن ساختمان
$(rad)\ \theta_{\max}$	چرخش ماکزیمم عضو
$(rad)\ \theta_y$	چرخش نظیر تسلیم عضو
$P_X(x)$	تابع جرم احتمال
CDF	تابع توزیع تجمعی احتمال
$F_X(x)$	تابع توزیع تجمعی احتمال
$\exp(x)$	تابع نمایی x
$\phi(x)$	تابع توزیع تجمعی احتمال
$(kg.cm-kg)F_y$	نیرو یا ممان در لحظه‌ی تسلیم
$(cm)X_y$	جابجایی عضو در لحظه‌ی تسلیم
$\phi^{-1}(x)$	معکوس تابع توزیع تجمعی احتمال
$(kg.cm)M_y$	ممان در لحظه‌ی تسلیم
$(kg.cm)M_p$	ممان پلاستیک مقطع
$(kg)V_p$	برش پلاستیک مقطع
$(cm)d$	ارتفاع مقطع
pp	جابجایی نقطه عملکرد
μ_e	شکل پذیری حالت الاستیک
$MDOF$	سیستم چند درجه آزادی
$SDOF$	سیستم یک درجه آزادی
$ESDOF$	سیستم یک درجه آزادی معادل
m_i	جرم متناظر طبقه i ام
F_i	نیروی اینرسی متناظر طبقه i ام
k_u	سختی نهایی تراز بام
M	ماتریس جرم
C	ماتریس میرایی

$\{\phi\}$	بردار تغییر شکل
NTH	تحلیل تاریخچه زمانی
$\ddot{x}_g$	شتاب زمین
X^*	جابجایی سیستم یک درجه آزادی معادل
M^*	ماتریس جرم سیستم یک درجه آزادی معادل
C^*	ماتریس میرایی سیستم یک درجه آزادی معادل
Q^*	بردار نیروی طبقه
k_s	سختی محدوده سخت شوندگی
k_e	سختی در محدوده الاستیک
α	سخت شدگی کرنشی
C_m	ضریب اصلاح اثرات مدهای بالاتر
f_y (kg/cm^2)	تنش تسلیم
R_μ	ضریب کاهش مقاومت
C	ضریب زلزله
A	شتاب مبنای طرح زلزله
B	ضریب بازتاب
I	ضریب اهمیت ساختمان
R	ضریب رفتار
Q_D (kg)	بار مرده سازه
Q_L (kg)	بار زنده سازه
Q_G (kg)	بار ثقلی سازه
Z (cm^3)	مدول پلاستیک مقطع
$[K]$	ماتریس سختی سازه
f_y	مقاومت تسلیم آرماتور طولی
E_c	مدول الاستیسیته بتن