دانشکده فنی ومهندسی

بخش عمران

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران - گرایش سازه

ارزیابی قابلیت اعتماد لرزه‌ای گنبدهای فضاکار با تحلیل IDA

مؤلف:

ابوالفضل عابدی شمس آبادی

استاد راهنما:

دکتر حسین ابراهیمی

استاد مشاور:

پروفسور عیسی سلاجقه

شهریور ۹۱

این پایان‌نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

بخش عمران

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی‌شود.

دانشجو: ابوالفضل عابدی شمس آبادی

استاد راهنما: دکتر حسین ابراهیمی

استاد مشاور: پروفسور عیسی سلاجقه

داور ۱: دکتر محمدجواد فدایی

داور ۲: دکتر رضا رهگذر

نماینده تحصیلات تکمیلی در جلسه دفاع: دکتر حامد صفاری

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده: دکتر مریم احتشام‌زاده

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است.

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

آنان که وجودم برایشان همه رنج بود و وجودشان برایم همه مهر.

توانشان رفت تا به توانایی برسم و مویشان سپید گشت تا رویم

سپید بماند.

آنان که فروغ نگاهشان، گرمی کلامشان و روشنی رویشان

سرمایه‌های جاودانی زندگی من است.

آنان که راستی قامتم در شکست قامتشان تجلی یافت.

در برابر وجود گرامیشان زانوی ادب بر زمین می زنم و با دلی مملو

از عشق، محبت و خضوع بر دستشان بوسه می‌زنم.

تشکر و قدردانی:

با سپاس وافر از الطاف و اکرام ایزد منان که حامی و پشتیبان اینجانب در همه مراحل زندگی بوده است.

با سپاس از فداکاری‌ها و تلاش‌های پدر و مادرم که از هیچ زحمتی دریغ نکردند و در همه حال مشوق من بودند.

در اینجا لازم می‌دانم مراتب امتنان خود را از جناب آقای دکتر ابراهیمی و پروفسور سلاجقه به خاطر راهنمائی‌های ارزشمندشان در امر تهیه این مجموعه اعلام دارم.

همچنین بدین وسیله از بزرگوارانی چون آقایان مرتضی اسد نژاد، مهدی وجدیان، ایمان منصوری و آقای یوسفی به خاطر کمک های بی دریغشان در مراحل مختلف این پژوهش تشکر می نمایم.

در پایان ازکلیه عزیزانی که در مراحل مختلف نگارش پایان‌نامه مرا یاری رسانندکمال قدردانی را دارم و از خداوند متعال توفیقاتشان را خواستارم.

تایید پایان نامه کارشناسی ارشد توسط دانشجو

موضوع پایان نامه: ارزیابی قابلیت اعتماد لرزه ای گنبدهای فضاکار

استاد راهنما: جناب آقای دکتر ابراهیمی

نام دانشجو: ابوالفضل عابدی شمس آبادی

شماره دانشجوئی: ۸۸۵۶۳۰۰۶

اینجانب **ابوالفضل عابدی شمس آبادی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد **مهندسی عمران گرایش سازه** دانشکده **مهندسی عمران** دانشگاه شهید باهنر کرمان گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تأیید می‌باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. به علاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری درهیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

فرم حق طبع ونشر و مالکیت نتایج

۱- حق طبع و نشر نتایج این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده عمران شهید باهنر کرمان مجاز می‌باشد. ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به **دانشگاه شهید باهنر کرمان** می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده:

در طی دو قرن اخیر، استفاده از سیستم های سازه ای سبک و جدار نازک گسترش یافته است. وجود مصالح با مقاومت بالا، تکنولوژی ساخت و ملاحظات اقتصادی استفاده از این سیستم ها را تسریع نموده اند. به عنوان نمونه، از سازه های فضاکار در ساخت و پوشش سازه های بزرگ مانند ساختمان های صنعتی بزرگ دهانه، سالن های ورزشی و استادیوم ها، نمایشگاه ها، سالن های اجتماعات، ایستگاه های راه آهن، فرودگاه ها استفاده می گردد. گنبد، یکی از فرم هایی است که از دیرباز به گونه های مختلفی بدست انسان ها ساخته شده و ضمن افزایش فضای مفید، به علت وزن کم باعث کاهش نیروهای جانبی وارد بر سازه و بهبود عملکرد سازه در مناطق لرزه خیز می گردد. از طرفی اطلاعات محدود ما در مورد پارامترهای لرزه ای از قبیل فاصله از مرکز زلزله، محتوای فرکانسی و حداکثر شتاب زلزله و نیز وجود عدم قطعیت ها در روش های تحلیلی باعث ورود تئوری احتمال در مهندسی زلزله شده است که ارزیابی قابلیت اعتماد یک نمونه از آن است. بررسی قابلیت اعتماد لرزه ای گنبدهای فضاکار به عنوان هدف این تحقیق در نظر گرفته شده و در میان انواع مختلف گنبدها، خانوادهٔ پرکاربردی از آنها به نام گنبدهای دنده ای دولایه انتخاب و مورد بررسی قرار گرفته است. برای ارزیابی قابلیت اعتماد، نیاز به یک ابزار تحلیلی قوی داریم که به خوبی قابل بیان در قالب روش های احتمالاتی ظرفیت و تقاضا باشد. بدین منظور از روش تحلیل دینامیکی غیر خطی فزاینده (*IDA*) جهت مطالعه مشخصات دینامیکی، بررسی و مقایسه سطوح اطمینان استفاده گردیده است. این روش تحلیل سازه ها در واقع نوعی تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی است که در آن کلیه مقادیر شتابهای شتاب نگاشت اختیار شدهٔ مناسب به چندین سطح شتاب افزاینده مقیاس می شوند. این روش نسبتاً جدید قادر است تقاضای لرزه ای و حالات حدی ظرفیت یک سازه را تحت بارگذاری لرزه ای محاسبه و درک بهتری از رفتار سازه در حالت های الاستیک و غیر الاستیک تا مرحله خرابی را ارائه دهد.

واژگان کلیدی:

قابلیت اعتماد، گنبد های فضاکار، آنالیز دینامیکی فزاینده، طراحی بر اساس عملکرد، سطوح اطمینان

فهرست مطالب

فصل ۱- مقدمه و کلیات ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- موضوع تحقیق ۳

۱-۲-۱- سازه‌های فضاکار ۳

۱-۲-۲- تحلیل دینامیکی غیرخطی ۳

۱-۲-۳- تحلیل قابلیت اعتماد ۴

۱-۳- اهداف و روش تحقیق ۵

۱-۳-۱- اهداف تحقیق ۵

۱-۴- روش تحقیق ۶

۱-۴-۱- آنالیز دینامیکی غیر خطی ۶

۱-۴-۱-۱- تحلیل IDA ۷

۱-۴-۱-۲- خلاصه روش قابلیت اطمینان ارائه شده در FEMA-351 ..... ۸

۱-۴-۱-۳- مدل‌سازی و تحلیل نتایج آنالیز دینامیکی فزاینده ۹

۱-۴-۱-۴- رفتار غیرخطی ۹

۱-۴-۱-۵- مدل‌سازی ۱۰

۱-۵- مروری بر تحقیقات گذشته ۱۱

فصل ۲- معرفی سازه‌های فضاکار ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۲-۱- مقدمه ۱۳

۲-۲- تعریف سازه‌ی فضاکار ۱۳

۲-۳- کاربرد سازه‌های فضاکار ۱۴

۲-۴- مشخصات سازه‌های فضاکار ۱۴

۲-۴-۱- تاشه‌ی سازه‌های فضاکار ۱۴

۲-۴-۲- اتصالات سازه‌های فضاکار ۱۴
۲-۵- مزایای سازه‌های فضاکار ۱۶
۲-۶- تقسیم‌بندی کلی سازه‌های فضاکار ۱۶
۲-۷- انواع تاشه‌های فضاکار ۱۷
۲-۸- اجزای سازنده‌ی سازه‌های فضاکار مشبک ۱۸
۲-۸-۱- سیستم‌های پیونده‌ای ۱۹
۲-۸-۱-۱- سیستم‌های پیونده‌ی گوی‌سان ۱۹
۲-۹- تکیه‌گاه‌های سازه‌های فضاکار ۲۱
۲-۱۰- بارگذاری سازه‌های فضاکار ۲۱
۲-۱۱- تاشه‌پردازی و جبر فرمکسی سازه‌های فضاکار ۲۱
۲-۱۲- رفتار کلی گنبدهای فضاکار ۲۲
۲-۱۲-۱- نا معینی استاتیکی و خرابی پیش‌رونده ۲۲
۲-۱۲-۲- مودهای خرابی ۲۴
۲-۱۲-۳- رفتار اعضای کششی و فشاری ۲۵
۲-۱۲-۴- طول موثر عضو ۲۶
۲-۱۲-۵- رفتار اتصالات و پیوندها ۲۶
۲-۱۲-۶- نتایج آزمایش های تجربی ۲۸
۲-۱۲-۷- مشخصات کلی رفتار شبکه های دو لایه ای ۲۹
۲-۱۳- رفتار لرزه‌ای و گزارش‌هایی از اثرات زلزله بر سازه‌های فضاکار ۳۰

فصل ۳- تعاریف، مبانی و تئوری‌ها ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۳-۱- مقدمه ۳۳
۳-۲- تعاریف، مبانی و تئوری روش تحلیل دینامیکی افزایشی IDA ۳۳
۳-۲-۱- معادلات دینامیک غیرخطی سازه‌ها ۳۳
۳-۲-۱-۱- فرم افزاینده‌ی معادلات حرکت ۳۴
۳-۲-۱-۲- بردار نیروی الاستیک ۳۶

۳-۲-۱-۳- حل معادلات حرکت به روش انتگرال‌گیری گام به گام ۳۷
۳-۲-۱-۳-۱- سیستم خطی ۳۹
۳-۲-۱-۳-۲- سیستم غیرخطی ۳۹
۳-۲-۱-۳-۳- سیستم خطی و غیرخطی ۴۲
۳-۲-۱-۴- معیار همگرایی ۴۴
۳-۲-۲- معرفی روش‌های تحلیل دینامیکی ۴۵
۳-۲-۲-۱- روش نوین طراحی سازه‌های مقاوم در برابر زلزله ۴۶
۳-۲-۲-۲- طراحی بر اساس عملکرد ۴۸
۳-۲-۲-۳- مزایای کاربرد تحلیل پوش‌آور در طراحی بر اساس عملکرد ۴۸
۳-۲-۲-۴- محدودیت‌های کاربرد تحلیل پوش‌آور ۴۹
۳-۲-۳- روش تحلیل دینامیکی افزایشی (IDA) ۵۰
۳-۲-۳-۱- ورودی‌ها و خروجی‌های تحلیل IDA ۵۱
۳-۲-۳-۲-IDA تک رکورده ۵۲
۳-۲-۳-۳-IDA چند رکورده ۵۵
۳-۲-۳-۴- منحنی تحلیل دینامیکی افزایشی (IDA) ۵۶
۳-۲-۳-۵- دسته منحنی IDA ۵۶
۳-۲-۳-۶- انتخاب IM و روش صحیح مقیاس کردن ۵۸
۳-۲-۳-۷- الگوریتم کلی روش IDA ۵۹
۳-۲-۴- مقایسه تحلیل استاتیکی افزایشی با دینامیکی افزایشی ۶۲
۳-۲-۵- روش‌های مختلف به دست آوردن رابطه IM در مقابل EDP ۶۳
۳-۲-۶_ استفاده از نتایج IDA و به دست آوردن مقدار $G_{EDP/IM}(y/im)$ ۶۴
۳-۲-۷- مراحل گام‌به‌گام انجام تحلیل IDA بر روی یکی از مدل‌ها ۶۵
۳-۲-۷-۱- گام اول: ساخت مدل هندسی ۶۵
۳-۲-۷-۱-۱- گام اول: ساخت مدل هندسی ۶۶
۳-۲-۷-۱-۲- گام دوم: تبدیل مدل هندسی به یک مدل سازه‌ای آماده‌ی طراحی ۶۶
۳-۲-۷-۱-۳- گام سوم: طراحی مدل سازه‌ای ۶۹
۳-۲-۷-۱-۴- گام چهارم: آماده کردن شتاب‌نگاشت‌ها برای انجام تحلیل IDA ۷۰
۳-۲-۷-۱-۵- گام پنجم: انجام تحلیل IDA ۷۱
۳-۳- تعاریف، مبانی و تئوری روش قابلیت اطمینان ۷۴

۳-۳-۱- مقدمه ۷۴
۳-۳-۲- بررسی آسیب پذیری سازه‌ها ۷۵
۳-۳-۳- روش‌های آنالیز قابل استفاده ۷۶
۳-۳-۴- بررسی آیین نامه ها و دستور العمل های موجود ۷۷
۳-۳-۵- تئوری روش تحلیل قابلیت اطمینان ۷۸
۳-۳-۵-۱- مقدمه ۷۸
۳-۳-۵-۲- تئوری و روابط ۸۰
۳-۳-۵-۳- عدم قطعیت های موجود ۸۳
۳-۳-۶- پارامترهای ظرفیت و تقاضا ۸۴
۳-۳-۷- معیارهای پذیرش ۸۶
۳-۳-۸- تئوری FEMA-350 در تحلیل قابلیت اطمینان ۸۷
۳-۳-۹- محاسبه و ارزیابی اطمینان ۸۷

فصل ٤- مدل‌سازی و طراحی گنبدهای فضاکار ... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۴-۱- مقدمه ۹۰
۴-۲- پیکربندی گنبدهای فضاکار ۹۰
۴-۳- مشخصات هندسی گنبدهای فضاکار دو لایه ۹۱
۴-۴- شرایط تکیه گاهی و اتصالات ۹۵
۴-۵- بارگذاری گنبد های فضاکار ۹۶
۴-۵-۱- بار مرده ۹۶
۴-۵-۲- بار برف ۹۶
۴-۵-۳- بارگذاری زلزله ۱۰۱
۴-۶- مشخصات مصالح ۱۰۳
۴-۷- طراحی گنبدهای دولایه فضاکار ۱۰۴
۴-۷-۱- تعریف مدل ۱۰۴
۴-۷-۱-۱- بارگذاری در نرم‌افزار ۱۰۴

۴-۷-۱-۲- طراحی در نرم‌افزار ۱۰۵

فصل ۵- تحلیل IDA و تحلیل قابلیت اعتماد مدل‌ها ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۵-۱- مقدمه ۱۰۷

۵-۲- تحلیل IDA مدل‌ها ۱۰۷

۵-۲-۱- فرضیات مدل سازی جهت آنالیز تاریخچه زمانی غیرخطی ۱۰۷

۵-۲-۲- شتاب‌نگاشتها ۱۰۹

۵-۲-۲-۱- شتاب‌نگاشت های انتخاب شده برای آنالیز گنبدها ۱۰۹

۵-۲-۲-۲- همپایه کردن شتاب‌نگاشت‌ها ۱۱۲

۵-۲-۳- ضوابط آئین نامه ای تحلیل IDA ۱۱۳

۵-۲-۴- روش تحلیل IDA در نرم‌افزار ۱۱۳

۵-۲-۵- نتایج تحلیل IDA ۱۱۴

۵-۳- تحلیل قابلیت اطمینان مدل‌ها ۱۱۸

۵-۳-۱- خلاصه روش قابلیت اطمینان ارائه شده در FEMA-351 ..... ۱۱۸

فصل ٦- نتیجه‌گیری و پیشنهادها ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

۶-۱- نتیجه‌گیری ۱۲۷

۶-۲- پیشنهادها ۱۲۸

پیوست‌ها **۱۳۱**

پیوست ۱: مفاصل غیرخطی در نرم‌افزار ۱۳۲

منابع و مراجع ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

فهرست اشکال

شکل (۲-۱): مشخصات هندسی کلی یک گنبد فضاکار کروی دو لایه ۱۸

شکل (۲-۲): سیستم پیونده‌ی گوی‌سانMERO ۲۰

شکل (۲-۳): سیستم پیونده‌ی گوی‌سان MERO KK ۲۰

شکل (۳-۱): سختی مماسی وسکانتی ۳۵

شکل (۳-۲): اهداف بهسازی ۴۷

شکل (۳-۳): آناتومی منحنی IDA ۵۱

شکل (۳-۴): روند انجام روش طراحی بر اساس عملکرد معرفی شده در PEER کالیفرنیا ۵۲

شکل (۳-۵):IDA تک رکورده ۵۵

شکل (۳-۶):IDA چند رکورده ۵۶

شکل (۳-۷): منحنی‌های IDA برای ساختمان ۹ طبقه با قاب ممان گیر و پریود ۲/۲ ثانیه ۵۹

شکل (۳-۸): منحنی میانه IDA در مقابل SPO برای یک ساختمان ۲۰ طبقه‌ی قاب خمشی فولادی ۶۳

شکل (۳-۹): منحنی میانه IDA در مقابل منحنی SPO برای ساختمان ۵ طبقه بادبندی ۶۳

شکل (۳-۱۰): استفاده از نتایج IDA برای به دست آوردن رابطه‌ی بین EDP ,IM ۶۵

شکل (۳-۱۱): دیاگرام آنالیز با در نظر گرفتن عدم قطعیت ۷۹

شکل (۳-۱۲): شکل ۳-۲: منحنی خطر در مقیاس دو لگاریتمی ۸۱

شکل (۳-۱۳): منحنی خطر شتاب طیفی، توزیع لوگ نرمال تقاضا در سطح خطر مشخص و توزیع لوگ نرمال ظرفیت ۸۴

شکل (۴-۱): پیکربندی گنبد فضاکار دو لایه‌ی کروی با طرح دو راهه بر روی دو راهه ۹۱

شکل (۴-۲): مشخصات هندسی کلی یک گنبد فضاکار کروی دو لایه ۹۳

شکل (۴-۳): مدل شماره ۱ ..... ۹۳

شکل (۴-۴): مدل شماره ۲ ..... ۹۴

شکل (۴-۵): مدل شماره ۳ ..... ۹۴

شکل (۴-۶): نمایش شماتیک تکیه گاه مورد استفاده ۹۵
شکل (۴-۷): نمایش تکیه گاه ها بر روی یک گنبد فضاکار دو لایه ی کروی ۹۵
شکل (۴-۸): بار برف برای سطوح خمیده در آیین نامه اروپا ۹۸
شکل (۴-۹): جزئیات هندسی یک المان با زاویه سطح ۶۰ درجه ۹۹
شکل (۴-۱۰): بار برف متقارن برای یک گنبد با نسبت ارتفاع به دهانه ی ۰/۵ ..... ۱۰۱
شکل (۴-۱۱): طیف پاسخ طراحی ۱۰۲
شکل (۵-۱): مدل نرم‌افزاری گنبد شماره ۱ ..... ۱۰۷
شکل (۵-۲): مدل نرم‌افزاری گنبد شماره ۲ ..... ۱۰۸
شکل (۵-۳): مدل نرم‌افزاری گنبد شماره ۳ ..... ۱۰۸
شکل (۵-۴):CHI CHI TAIWAN ۱۰۹
شکل (۵-۵):IMPERIAL VALLEY ۱۱۰
شکل (۵-۶):KOBE (0 KJMA) ۱۱۰
شکل (۵-۷):ERZINCAN TURKEY ۱۱۰
شکل (۵-۸):KOBE (0 TAKATORI) ۱۱۰
شکل (۵-۹):NORTHRIDGE (77 RINALDI) ۱۱۱
شکل (۵-۱۰):DUZCE TURKEY ۱۱۱
شکل (۵-۱۱):KOBE (0 OSAJ) ۱۱۱
شکل (۵-۱۲):LOMA PRIETA ۱۱۱
شکل (۵-۱۳):TABAS ۱۱۲
شکل (۵-۱۴): طیف طرح الاستیک 2% میرایی متناظر با زلزله‌ها ۱۱۲
شکل (۵-۱۵): جابجایی افقی نقطه‌ی رأس گنبد در مقابل بیشینه شتاب مدل شماره ۱ (H/D= 0.25) ۱۱۴
شکل (۵-۱۶): جابجایی افقی نقطه‌ی رأس گنبد در مقابل بیشینه شتاب مدل شماره ۲ (H/D= 0.50) ۱۱۵
شکل (۵-۱۷): جابجایی افقی نقطه‌ی رأس گنبد در مقابل بیشینه شتاب مدل شماره ۳ (H/D= 0.75) ۱۱۵

شکل (۵–۱۸): جابجایی افقی نقطه‌ی رأس گنبد در مقابل شتاب طیفی مدل شماره ۱ (H/D= 0.25).....۱۱۶

شکل (۵–۱۹): جابجایی افقی نقطه‌ی رأس گنبد در مقابل شتاب طیفی مدل شماره ۲ (H/D= 0.50).....۱۱۶

شکل (۵–۲۰): جابجایی افقی نقطه‌ی رأس گنبد در مقابل شتاب طیفی مدل شماره ۳ (H/D= 0.75).....۱۱۷

فهرست جداول

جدول (۵-۱): مشخصات شتابنگاشت‌های مورد استفاده در تحلیل‌های IDA ۱۰۹

جدول (۵-۲): نتایج تحلیل قابلیت اطمینان مدل شماره ۱ (H/D= 0.25) ۱۱۹

ادامه جدول (۵-۲): نتایج تحلیل قابلیت اطمینان مدل شماره ۱ (H/D= 0.25) ۱۲۰

جدول (۵-۳): نتایج تحلیل قابلیت اطمینان مدل شماره ۲ (H/D= 0.50) ۱۲۱

ادامه جدول (۵-۳): نتایج تحلیل قابلیت اطمینان مدل شماره ۲ (H/D= 0.50) ۱۲۲

جدول (۵-۴): نتایج تحلیل قابلیت اطمینان مدل شماره ۳ (H/D= 0.75) ۱۲۳

ادامه جدول (۵-۴): نتایج تحلیل قابلیت اطمینان مدل شماره ۳ (H/D= 0.75) ۱۲۴

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱- مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

با توجه به گسترش روز افزون ساخت سازه‌های بزرگ مانند استادیوم‌ها، نمایشگاه‌ها و سالن‌های اجتماعات، مطالعه در زمینه تحلیل و طراحی گنبدها که برای پوشش سقف این گونه سازه‌ها بکار می‌رود، امری ضروری است.

در حال حاضر یکی از مهم‌ترین اهداف مهندسان زلزله پیش بینی رفتار سازه‌ها در برابر زلزله‌های آینده است. اطلاعات محدود ما در مورد پارامترهای لرزه‌ای از قبیل فاصله از مرکز زلزله، محتوای فرکانسی و حداکثر شتاب زلزله و نیز وجود عدم قطعیت‌ها در روش‌های تحلیلی باعث شده است تئوری احتمال وارد مهندسی زلزله شود.

تحلیل دینامیکی فزاینده[1] یک ابزار تحلیلی مفید در مهندسی زلزله بر اساس عملکرد است. این روش جدید قادر است تقاضای لرزه‌ای و حالات حدی ظرفیت یک سازه را تحت بارگذاری لرزه‌ای با استفاده از رکوردهای مناسب که به چندین سطح شتاب افزاینده مقیاس شده‌اند، تخمین بزند. با استفاده از این روش می‌توان درک بهتری از رفتار سازه را به دست آورد.

نظریه‌ی قابلیت اطمینان[2] ، شاخه‌ای از تئوری عمومی احتمالات است که طی سال‌های اخیر توجه بسیار زیادی را به خود جلب نموده است. دلیل این توجه وجود طبیعت غیر قطعی در پارامترهای سازه‌ای از قبیل خواص مصالح، بارهای خارجی، ابعاد هندسی و غیره می‌باشد. به کمک نظریه‌ی قابلیت اطمینان، می‌توان عدم قطعیت‌های ناشی از طبیعت آماری پارامترهای سازه‌ای را در سیستم‌های سازه‌ای به صورت روابط ریاضی درآورده و ملاحظات ایمنی و عملکرد را به طور کمی وارد روند طراحی نمود. ارزیابی ایمنی یک سازه بستگی به بارهای وارده، مقاومت مصالح، مسائل اجرایی و سایر متغیرهای تصادفی دارد. علاوه بر آن‌ها به زمان و پارامترهای طراحی نیز بستگی پیدا می‌کند. بارها عموماً دارای یک روند تصادفی در زمان و فضای فیزیکی می‌باشند. در چنین فضایی مقاومت سازه‌ای به صورت سطوح حدی ظاهر می‌شود و از آنجایی که مقاومت یک متغیر تصادفی است، سطوح حاصل نیز تصادفی می‌باشند و در این صورت خرابی به مفهوم عبور از سطوح حدی ناحیه ایمن در فضای مذکور خواهد بود. سازه‌ای را که تحت وضعیت مشخصی از بارها قرار گرفته باشد، می‌توان نقطه‌ای از فضای نمونه مذکور در نظر گرفت. در این صورت، قابلیت اطمینان یک سازه عبارت است از احتمال افتادن نقطه نمونه در ناحیه ایمن فضای

1. Incremental Dynamic Analysis
2. Reliability Theory