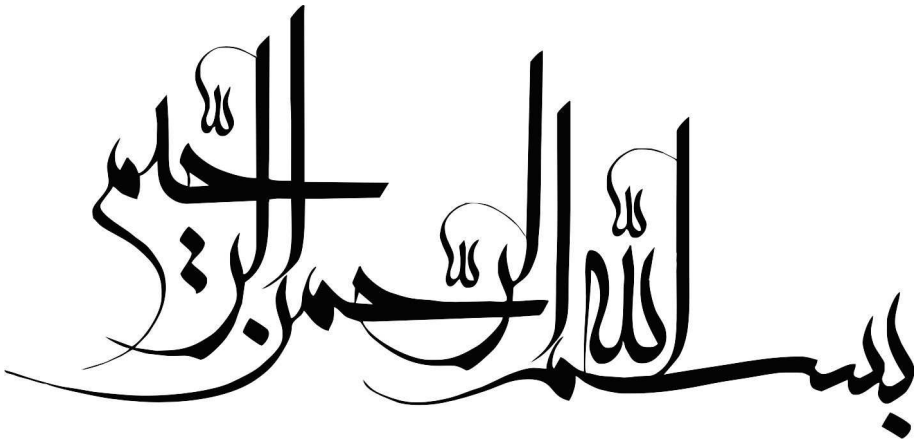

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه کردستان

دانشکده مهندسی

گروه مهندسی عمران

عنوان:

ارزیابی احتمالاتی پاسخ لرزه‌ای سازه‌ها

پژوهشگر:

نصراله افتخاری یوسف‌آباد

استاد راهنما:

دکتر آزاد یزدانی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش زلزله

شهریور ماه ۱۳۹۰

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایـج مطالعات،

ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع

این پایان‌نامه (رسـاله) متعلق به دانشـگاه کردستان است.

تعهد نامه

اینجانب نصراله افتخاری یوسف‌آباد دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش زلزله دانشگاه کردستان، دانشکده مهندسی گروه مهندسی عمران تعهد می نماییم که محتوای این پایان نامه نتیجه تلاش و تحقیقات خود بوده و از جایی کپی برداری نشده و به پایان رسانیدن آن نتیجه تلاش و مطالعات مستمر اینجانب و راهنمایی و مشاوره اساتید بوده است.

با تقدیم احترام

۱۳۹۰ / ۶ / ۳۰

تقدیم به پدرم و مادرم

آنان که وجودم برایشان همه رنج است و

وجودشان برایم همه مهر

تقدیم به همسرم

او که سایه مهربانیش سایه سار زندگی من است

و تقدیم به برادر، و خواهرانم

آنان که وجودشان شادی بخش و مایه آرامش من است.

تقدیر:

نگارنده بر خود لازم می‌داند که از زحمات بی‌دریغ و راهنمایی‌های ارزشمند استاد گرامی جناب آقای دکتر یزدانی در طول انجام این پروژه تشکر و قدردانی نماید. همچنین از زحمات دوستان عزیزم، آقایان مهندس کوثری و مهندس صفاری کمال تشکر و قدردانی را دارم.

.

چکیده

یکی از چالش‌های مهندسی عمران در دهه‌های اخیر وجود تعداد بسیار زیاد متغیر تصادفی است که در تحریک زمین‌لرزه و پارامترهای سیستم موجود می‌باشد. به عنوان مثال، مشخصات سازه از تعدادی از پارامترها که دارای ماهیت تصادفی می‌باشند (مصالح، هندسه، محل اثر بار و غیره)، تأثیر می‌پذیرند. اثر عدم‌قطعیت‌های متغیرهای ورودی روی پاسخ سازه با استفاده از تحلیل حساسیت و تحلیل عدم‌قطعیت مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین وسیله عدم‌قطعیت در خروجی و همچنین اهمیت هر یک از پارامترهای ورودی روی خروجی تعیین می‌گردد. تحلیل حساسیت به معنی تعیین سهم هر یک از پارامترهای ورودی روی ایجاد واریانس و پراکندگی خروجی می‌باشد. روش تحلیل حساسیت بر پایه مونت‌کارلو یکی از روش‌های تحلیل حساسیت با نتیجه منطقی می‌باشد.

هدف از این مطالعه بررسی اثر عدم‌قطعیت در مدل و همچنین عدم‌قطعیت در زمین‌لرزه ورودی روی پاسخ لرزه‌ای سازه می‌باشد. برای این منظور از تحلیل عدم‌قطعیت و تحلیل حساسیت استفاده می‌گردد. تحلیل حساسیت بر پایه واریانس با استفاده از روش مونت‌کارلو، برای محاسبه شاخص حساسیت مرتبه اول و تعیین سهم هر پارامتر روردی روی عدم قطعیت در خروجی انجام می‌گیرد. متغیرهایی که اثر بیشتری روی پاسخ سازه دارند تعیین می‌شوند. نتایج تحلیل‌ها نشان می‌دهد که رابطه‌سازی تحلیل دینامیکی سازه در دامنه فرکانس و بر اساس اطلاعات لرزه‌شناسی تحریک می‌تواند در مناطقی مانند ایران که کمبود رکورد زمین‌لرزه دارد، مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: شبیه‌سازی مونت‌کارلو، زمین‌لرزه، تحلیل حساسیت، تحلیل عدم‌قطعیت، عدم قطعیت در مبانی، عدم‌قطعیت تصادفی.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول (مقدمه) ۱

۱-۱ تحلیل احتمالاتی سازه ها ۲

۱-۲ ضرورت پرداختن به موضوع ۴

۱-۳ فرضیات و سوالات تحقیق ۵

۱-۴ روشها و مفاهیم مورد نیاز ۶

فصل دوم (پیشینه و تاریخچه تحقیق) ۹

۲-۱ مقدمه ۱۰

۲-۲ عدم قطعیت در مشخصات و خصوصیات مکانیکی سیستم ۱۰

۲-۳ بررسی مطالعات مهندسی زلزله ۱۴

۲-۴ هدف از مطالعه ۱۸

فصل سوم (روش های تولید زمین لرزه،تحلیل سازه در حوزه فرکانس) ۱۹

۳-۱ مقدمه ۲۰

۳-۲ روش‌های تولید زمین‌لرزه ۲۰

۳-۲-۱ روش مدل لرزه‌شناسی ۲۱

۳-۲-۱-۱ فاکتور چشمه ۲۲

۳-۲-۱-۲ مسیر انتشار امواج ۲۴

۳-۲-۱-۳ ضریب کاهندگی لایه های فوقانی ۲۷

۳-۲-۱-۴ اثر سایت ۲۸

۳-۲-۱-۵ ارزیابی روش مدل لرزه شناسی ۲۹

۳-۳ تحلیل سازه‌ها در حوزه فرکانس ۳۰

۳-۳-۱ تابع پاسخ فرکانسی مختلط (سیستم یکدرجه آزاد با میرایی ویسکوز) ۳۱

۳-۳-۲ پاسخ به تحریک تناوبی ۳۳

۳-۳-۳ پاسخ به تحریک دلخواه ۳۴

۳-۳-۴ پاسخ سیستم چند درجه آزاد، تحت تحریکِ تابعی از فرکانس ۳۵

۳-۳-۴-۱ روش اجزا محدود برای تعیین پاسخ سیستم در حوزه فرکانس ۳۶

۳-۳-۴-۲ روش تحلیل شبه استاتیک ۳۷

۳-۳-۴-۳ روش تحلیل شبه استاتیک به روز شده ۳۷

۳-۳-۴-۴ روش تحلیل مودال ۳۸

۳-۴ مطالعه موردی و بررسی پاسخ سازه‌ها ۴۰

۳-۴-۱ سازه‌های استفاده شده جهت تحلیل ۴۰

۳-۴-۲ تحلیل سازه های مورد مطالعه در حوزه فرکانس ۴۳

۳-۴-۲-۱ تعیین ماتریس جرم ۴۳

۳-۴-۲-۲ تعیین ماتریس میرایی ۴۴

۳-۴-۲-۳ تولید زمین لرزه و اعمال آن به سازه ۴۸

۳-۴-۲-۴ بررسی و تفسیر نتایج ۴۸

۳-۵ خلاصه و نتیجه گیری ۵۱

فصل چهارم (تحلیل عدم قطعیت وتحلیل حساسیت) ۵۲

۴-۱ مقدمه ۵۳

۴-۲ تحلیل مونت‌کارلو ۵۳

۴-۲-۱ انتخاب تابع توزیع احتمال برای عدم قطعیت در ورودی ۵۵
۴-۲-۲ روش‌های نمونه‌گیری و تولید نمونه دارای بازه و توزیع مشخص ۵۶
۴-۲-۳ ارزیابی مدل ۵۷
۴-۲-۴ مبانی تحلیل عدم‌قطعیت ۵۸
۴-۲-۵ مبانی تحلیل حساسیت ۵۸
۴-۳ مطالعه موردی ۵۸
۴-۳-۱ انتخاب بازه و توزیع آماری مناسب برای متغیرهای تصادفی ۵۹
۴-۳-۲ ارزیابی پاسخ سازه‌ها در حوزه فرکانس و مقایسه آن با حوزه زمان ۵۹
۴-۳-۳ تحلیل عدم قطعیت ۶۲
۴-۳-۴ اثر عدم‌قطعیت بر منحنی شکست ۶۸
۴-۳-۵ تحلیل حساسیت ۷۰
۴-۳-۵- ۱ تحلیل حساسیت بر پایه واریانس ۷۱
۴-۳-۵- ۱-۱ تحلیل حساسیت به روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو ۷۲
۴-۳-۵-۱-۲ مطالعه موردی (تحلیل حساسیت) ۷۴
۴-۴ خلاصه و نتیجه‌گیری ۷۷

فصل پنجم (اثر همزمان عدم‌قطعیت در مدل و زمین‌لرزه) ۷۸

۵-۱ مقدمه ۷۹
۵-۲ مدل‌های استفاده شده در تحلیل ۷۹
۵-۳ انتخاب بازه و توزیع آماری مناسب برای متغیرهای تصادفی ۸۰
۵-۳-۱ عدم‌قطعیت در جرم ۸۱
۵-۳-۲ عدم‌قطعیت در میرایی ۸۱
۵-۳-۳ عدم‌قطعیت در مصالح ۸۲

۵-۳-۴ عدم‌قطعیت در هندسه ... ۸۲

۵-۳-۴ عدم‌قطعیت در تحریک زمین‌لرزه ... ۸۳

۵-۴ تحلیل حساسیت ... ۸۴

۵-۵ خلاصه و نتیجه‌گیری ... ۸۷

فصل ششم (نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات) ... ۸۸

۶-۱ خلاصه و نتیجه گیری ... ۸۹

۶-۲ ارائه پیشنهادات ... ۹۲

منابع ... ۹۳

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۳—۱: مقادیر پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه ی فاکتور کیفیت طبق مراجع مختلف ۲۷

جدول ۳—۲: ضرایب افزایش دامنه برای انواع خاک ۲۸

جدول ۳—۳: مشخصات مودال سازه های سه و نه طبقه SAC ۴۰

جدول ۳—۴: ضرایب ثابت ماتریس میرایی برای سازه های مختلف ۴۷

جدول ۳—۵: مقادیر فرض شده هر یک از متغیرهای تولید زمین لرزه به کمک روش مدل لرزه شناسی ۴۸

جدول ۴—۱: بازه و توزیع آماری متغیرهای تصادفی ۵۹

جدول ۴—۲: مجموعه ۲۰ رکورد زمین لرزه استفاده شده در تحلیل ۶۰

جدول ۵—۱: بازه و توزیع آماری متغیرهای تصادفی ۸۴

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: سه مولفه اساسی برای تحلیل دینامیکی سازه ۲

شکل ۱-۲: شتابنگاشت زمین لرزه ۳

شکل۲-۱: کمانش عضو با مقطع IPE ۱۲

شکل۲-۲ نتایج تحلیل حساسیت پارامترهای تاثیرگذار بر کمانش عضو ۱۲

شکل۲-۳: هندسه، بارگذاری و مشخصات سازه ای قاب استفاده شده در تحلیل ۱۳

شکل ۲-۴: مشخصات سازه ای قاب استفاده شده در تحلیل ۱۳

شکل ۲-۵: نتایج تحلیل حساسیت پارامترهای تاثیرگذار بر ظرفیت باربری ۱۴

شکل۲-۶: نتایج تحلیل حساسیت ۱۵

شکل ۲-۷: منحنی تورنادو و نتایج تحلیل FOSM ۱۶

شکل۲-۸: خلاصه منحنیهای IDA و مقایسه در دوحالت با و بدون در نظر گرفتن عدم قطعیت ۱۷

شکل ۳-۱ : ضریب کاهندگی هندسی ۲۵

شکل ۳-۲: مقایسه طیف پاسخ شتاب زمین لرزه ساگونای و طیف میانگین هجده زمین لرزه تولید شده ۲۹

شکل ۳-۳: مقایسه طیف پاسخ شتاب زمین لرزه تنانت و طیف میانگین هجده زمین لرزه تولید شده ۲۹

شکل ۳-۴: مشخصات سازه نه طبقه SAC ۴۱

شکل ۳-۵: مشخصات سازه سه طبقه SAC ۴۲

شکل ۳-۶: نمایش جرم متمرکز در گرههای سازه ای ۴۳

شکل۳-۷: تغییرات میرایی متناسب با جرم و میرایی متناسب با سختی نسبت به فرکانس ۴۶

شکل ۳-۸: میرایی رایلی ۴۷

شکل ۳-۹: پاسخ طبقات مختلف سازه سه طبقه ۴۹

شکل ۳-۱۰: پاسخ طبقه اول سازه سه طبقه ۴۹

شکل ۳-۱۱: پاسخ طبقات مختلف سازه نه طبقه ۵۰

شکل ۳-۱۲: پاسخ طبقه اول سازه نه طبقه ۵۰

شکل ۴-۱: مقایسه مقادیر میانه و انحراف معیار استاندارد برای تغییر مکان جانبی سازه ۳ طبقه در حوزه زمان و حوزه فرکانس....۶۱

شکل ۴-۲: مقایسه مقادیر میانه و انحراف معیار استاندارد برای تغییر مکان جانبی سازه ۹ طبقه در حوزه زمان و حوزه فرکانس....۶۱

شکل ۴-۳: میانگین و انحراف معیار استاندارد پاسخ سازه سه طبقه SAC تحت زمین لرزه به فاصله ۳۰ کیلومتر، نوع خاک generic soil و بزرگاهای مختلف برای دو حالت: الف): ماکزیمم جابجایی طبقات، ب): ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات (دریفت) ۶۲

شکل ۴-۴: میانگین و انحراف معیار استاندارد پاسخ سازه نه طبقه SAC تحت زمین لرزه به فاصله ۳۰ کیلومتر، نوع خاک generic soil و بزرگاهای مختلف برای دو حالت: الف): ماکزیمم جابجایی طبقات، ب): ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات (دریف) ۶۳

شکل ۴-۵: میانگین و انحراف معیار استاندارد پاسخ سازه سه طبقه SAC تحت زمین لرزه به بزرگای ۶، فاصله ۴۰ کیلومتر و انواع مختلف خاک برای دو حالت: الف): ماکزیمم جابجایی طبقات، ب): ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات (دریفت)..... ۶۴

شکل ۴-۶: میانگین و انحراف معیار استاندارد پاسخ سازه نه طبقه SAC تحت زمین لرزه به بزرگای ۶، فاصله ۴۰ کیلومتر و انواع مختلف خاک برای دو حالت: الف): ماکزیمم جابجایی طبقات، ب): ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات (دریفت) ۶۵

شکل ۴-۷: میانگین و انحراف معیار استاندارد پاسخ سازه سه طبقه تحت زمین لرزه دارای بزرگای ۶، نوع خاک generic soil و فواصل مختلف برای دو حالت: الف): ماکزیمم جابجایی طبقات، ب): ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات (دریفت) ۶۶

شکل ۴-۸: میانگین و انحراف معیار استاندارد پاسخ سازه نه طبقه تحت زمین لرزه دارای بزرگای ۶، فاصله ۴۰ کیلومتر و انواع مختلف خاک برای دو حالت: الف): ماکزیمم جابجایی طبقات، ب): ماکزیمم جابجایی نسبی طبقات (دریفت) ۶۷

شکل ۴-۹: مراحل استخراج منحنی شکست ۶۹

شکل۴-۱۰:منحنی شکست ۶۹

شکل۴-۱۱: مشخصات نمودار جعبه ای ۷۴

شکل ۴-۱۲: نمودار جعبه ای شاخص حساسیت در مقابل اندازه نمونه ها (برای هر اندازه نمونه ۲۰ شاخص حساسیت محاسبه شده است. مقادیر دقیق حساسیت با خط چین نشان داده شده است.) ۷۵

شکل ۴-۱۳: نتایج تحلیل حساسیت (اثر هر پارامتر روی پراکندگی در پاسخ) ۷۶

شکل ۴-۱۴: نمودار تورنادو- حساسیت پارامترهای تأثیرگذار بر زمین لرزه در دو حالت: الف) سازه ۳ طبقه و ب) سازه ۹ طبقه..... ۷۷

شکل ۵-۱: هندسه و مشخصات قاب های دو و چهار طبقه استفاده شده در تحلیل احتمالاتی ۸۰

شکل ۵-۲: نتایج تحلیل حساسیت برای قاب ۲ طبقه ۸۵

شکل ۵-۳: نتایج تحلیل حساسیت برای قاب ۴ طبقه ۸۶

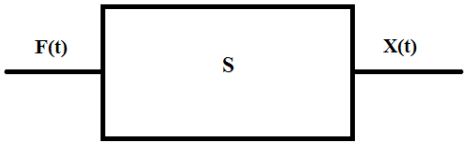
۱. فصل اول:

مقدمه

۱-۱- تحلیل احتمالاتی سازه‌ها

نیاز به تحلیل دینامیکی احتمالاتی سیستم‌های مهندسی از این حقیقت ناشی می‌شود که گروه مهمی از بارهای دینامیکی وارده به سازه، در معرض تغییرات زیادی در شدت بار و محتوای فرکانسی می‌باشند. این گروه از بارها شامل بارهای محیطی (مانند بار باد روی ساختمان‌های بلند و پل‌ها، بارهای هیدرودینامیک روی سازه‌های دریایی، بارهای ناشی از زلزله روی ساختمان‌ها و سدها) و بارهای ایجاد شده توسط بشر (مانند بارهای ترافیکی روی پل‌ها، بارهای ناشی از انفجار، بارهای ناشی از ماشین آلات صنعتی) می‌باشند. در طراحی یک سازه، اولین گام تحلیل سازه با در نظر گرفتن این بارها به عنوان یک بار شبه استاتیکی و به دست آوردن نیروهای داخلی اعضا می‌باشد. اگرچه ممکن است این روش تقریبی برای تحلیل سازه‌های کوچک مقیاس و متعارف تحت بارهای دینامیکی با شدت پایین پذیرفته شده باشد، اما واضح است که این روش برای تحلیل و طراحی سازه‌های بسیار مهم و بزرگ مقیاس مهندسی دارای دقت کافی نمی‌باشد. در چنین مواردی، از آنجایی‌که وقوع خسارت در چنین سیستم‌هایی موجب ایجاد خسارات مالی شدید و در خطر افتادن جان انسان‌های زیادی می‌شود، تحلیل دینامیکی دقیق مورد نیاز می‌باشد(Manolis and Koliopoulos, 2001).

سه مولفه اساسی مورد نیاز برای تحلیل دینامیکی سیستم در شکل ۱-۱ نشان داده شده است. فرض کنید $F(t)$ نشان‌دهنده تحریک (بار) دینامیکی باشد، S نشان‌دهنده دستگاه معادلات حاکم بر ارتعاش سیستم و X(t) نشان‌دهنده بردار پاسخ سیستم باشد.

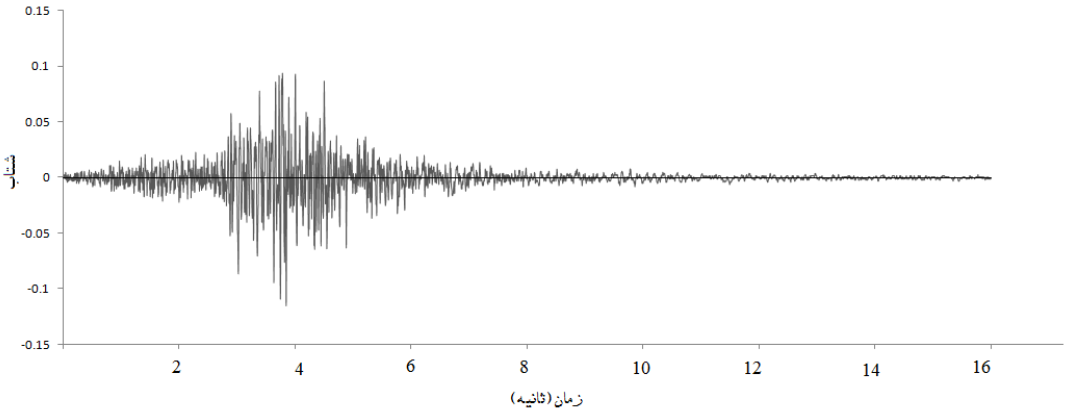


شکل ۱-۱: سه مولفه اساسی برای تحلیل دینامیکی سازه (Manolis and Koliopoulos, 2001)

حل مسئله تحلیل سیستم تحت بار دینامیکی F(t) شامل حل معادلات دیفرانسیل ارتعاشی سیستم S (با داشتن مشخصات مکانیکی سیستم) برای محاسبه پاسخ X(t) می‌باشد. از مفاهیم اولیه دینامیک سازه می‌دانیم که معادله تعادل دینامیکی سیستم به صورت زیر می‌باشد:

$$M\ddot{X}(t) + C\dot{X}(t) + KX(t) = F(t) \quad (۱-۱)$$

که در آن M و C و K به ترتیب ماتریس جرم، میرایی و سختی سیستم می‌باشد. تئوری دینامیک سازه تعینی ارائه دهنده روش‌هایی است که به کمک آن‌ها بتوان معادله حاکم بر تعادل دینامیکی سیستم را حل نمود. حل جبری معادله فوق برای سیستم‌های خطی تحت بارهای ساده دینامیکی مقدور می‌باشد و برای سیستم‌های پیچیده‌تر بایستی از روش‌های عددی یاری جست. در حالتی که تحریک و مشخصات مکانیکی سیستم به صورت دقیق شناخته شده باشند، دینامیک سازه تعینی بهترین انتخاب برای تحلیل سیستم است. اما می‌دانیم که تعیین دقیق تحریک دینامیکی وارده به سازه و همچنین تعیین دقیق مشخصات مکانیکی سازه کار بسیار پیچیده‌ای می‌باشد. به عنوان مثال، خطرات طبیعی مانند زلزله (شکل ۱-۲)، باد و یا امواج دریا، که ممکن است به عنوان تحریک دینامیکی به سازه وارد شوند، نه تنها دارای تابع ریاضی پیچیده‌ای می‌باشند، بلکه دارای طبیعت تصادفی ناشناخته‌ای می باشند. بنابراین تعیین پاسخ تعینی و قطعی سازه تحت بارهای وارده در طول عمر مفید آن، امری پیچیده و شاید غیر ممکن است. بنابراین از آنجاییکه خصوصیات مکانیکی سازه و بارهای دینامیکی وارده بر آن دارای طبیعت احتمالاتی می‌باشد، تحلیل احتمالاتی سازه ضرورت پیدا می‌کند(Manolis and Koliopoulos, 2001).



شکل ۱-۲: شتابنگاشت زمین‌لرزه

۱-۲-ضرورت پرداختن به موضوع

یک پروژه مهم مهندسی را در نظر بگیرید که نیاز به انجام مطالعات خطرپذیری لرزه‌ای[1] دارد. ابتدا یک تیم شامل لرزه‌شناسان و مهندسان زلزله بایستی به تحلیل خطر[2] لرزه‌ای منطقه مورد مطالعه بپردازند. بنابراین آنها قادر به ارائه برخی مشخصات از وضعیت خطر لرزه‌ای در منطقه می‌باشند (مانند بزرگا، فاصله کانونی، ماکزیمم شتاب زمین، مدت زمان زلزله، محتوای فرکانسی زمین‌لرزه و غیره). آنها این مشخصات را برای سطوح مختلف خطر و برای زلزله‌های با دوره‌های بازگشت مختلف ارائه می‌کنند. ولی این اطلاعات به صورت مستقیم توسط مهندس سازه و زلزله قابل استفاده نمی‌باشد، چون نرم‌افزارهای تحلیل دینامیکی، آیین‌نامه‌ها و مهندسان، نیازمند تابع تحریک دینامیکی F(t)، به عنوان تحریک ورودی به سیستم می‌باشند (مانند رکورد زمین‌لرزه شکل ۲-۱)، تا با حل معادلات دیفرانسیل مربوط به تعادل دینامیکی "S" تحت این تحریک ورودی، سیستم را تحلیل و طراحی نمایند. مشکلی که در اینجا وجود دارد، این است که رکوردهای زمین‌لرزه زیادی وجود دارد که دارای مشخصه و سطح خطر تعیین شده در گام تحلیل خطر باشد. مشخصه هدف تعیین شده در مرحله تحلیل خطر، یک رکورد زمین‌لرزه واحد را به ما نمی‌دهد تا بتوان از آن در تحلیل دینامیکی استفاده نمود و اساسا پیش‌بینی دقیق رکورد زمین‌لرزه‌ای که در آینده به سازه وارد می‌شود، غیرممکن است. در مناطقی که دارای سابقه لرزه‌خیزی بالایی می‌باشند و اطلاعات زلزله‌های گذشته موجود می باشد، ممکن است یک گروه از زمین‌لرزه‌هایی که دارای مشخصه هدف مورد نظر باشند، انتخاب شوند و سازه تحت این زمین‌لرزه‌ها تحلیل دینامیکی شود. بنابراین یک بازه برای پاسخ سازه خواهیم داشت. ولی سوال اینجاست که آیا زمین‌لرزه آینده دارای مشخصات همسان با زلزله‌های گذشته می باشد و یا از نظر مدت زمان زلزله و محتوای فرکانسی و ... با زمین‌لرزه‌های گذشته تفاوت خواهد داشت. در مناطقی که اطلاعات زلزله‌های گذشته موجود نمی‌باشد، این مشکل مضاعف می‌باشد. بنابراین مشاهده می‌شود که مسائل زیادی در تحلیل سازه ناشی از بار زلزله به دلیل تصادفی بودن ماهیت زلزله وجود دارد.

بحث بالا روی حالتی متمرکز شده بود که پیش‌بینی پاسخ ناشی از عدم‌قطعیت و ماهیت احتمالاتی زمین‌لرزه، پیچیده و مشکل بود. در حالت دیگر، عدم قطعیت ناشی از پارامترهای موجود در خود

[1] Seismic risk study
[2] Seismic hazard analysis

سازه می‌باشد (به عنوان مثال، نقص در هندسه سازه ناشی از خطاهای انسانی در مرحله ساخت و خطاهای تصادفی، عدم قطعیت در پیش‌بینی دقیق رفتار مصالح و غیره). در حالتی که اثر عدم قطعیت در زمین‌لرزه (بار ورودی) و عدم قطعیت در پارامترهای سازه با هم ترکیب شوند، پیچیدگی‌های تحلیل چند برابر می‌شود(Manolis and Koliopoulos, 2001). در واقع یکی از مشکلاتی که در مباحث جدید مهندسی عمران وجود دارد، وجود تعداد بسیار زیادی کمیت تصادفی است که در تحریک ورودی و مشخصات و خصوصیات سیستم وجود دارد. این مشکل در سازه‌های بلند و سازه‌هایی که دارای مصالح ناهمگون و غیرمتجانس[3] هستند، بیشتر نمود پیدا می‌کند(Kala, 2009).

اهمیت علم دینامیک سازه احتمالاتی و ارزیابی احتمالاتی پاسخ لرزه‌ای سازه‌ها از اینجا مشخص می‌شود. این علم قصد دارد پایه و اساسی برای تحلیل سازه‌های با مشخصات دقیقِ غیرمشخص، در برابر بارهای احتمالاتی ارائه نماید. هدف در اینجا به دست آوردن یک پاسخ واحد نمی‌باشد (بر خلاف دینامیک سازه تعینی). نقطه آغاز در تحلیل دینامیکی احتمالاتی، پذیرفتن عدم قطعیت در پاسخ X(t) ناشی از وجود عدم قطعیت در تحریک ورودی به سازه و همچنین عدم قطعیت در پارامترهای سازه می‌باشد. هدف در اینجا به دست آوردن مقادیر آماری پاسخ، ناشی از عدم قطعیت در تحریک ورودی و پارامترهای سازه می‌باشد (به جای محاسبه یک پاسخ واحد) و بنابراین یک حاشیه اطمینان برای پاسخ خواهیم داشت که می‌تواند در تصمیم‌گیری برای طراحی و یا تحلیل خطرپذیری، مفید واقع شود.

۱-۳-فرضیات و سوالات تحقیق

برای بررسی رفتار سازه تحت بارهای لرزه‌ای و با در نظر گرفتن عدم قطعیت، یک راه کاربردی تمرکز روی منبع ایجاد عدم قطعیت می‌باشد. یعنی عدم قطعیت در پاسخ را ناشی از عدم قطعیت در فرآیند تحریک و عدم قطعیت در طبیعت احتمالاتی پارامترهای سیستم ارتعاشی بدانیم. سپس با در نظر گرفتن ماهیت احتمالاتی هر پارامتر، عدم قطعیت در پاسخ کل را محاسبه نماییم. در مطالعه حاضر قصد داریم اثرات وجود عدم قطعیت در پارامترهای ورودی را روی رفتار سازه مورد بررسی قرار دهیم. هدف در تحقیق پاسخ به سوالات زیر است:

[3] heterogeneous materials