بسم الله الرحمن الرحیم

پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران مهندسی زلزله

موضوع :

پیش بینی طیف پاسخ زمینلرزه محتمل در یک منطقه و مقایسه با طیف خطر یکنواخت

دانشجو: مهسا حسین زاده عیان

استاد راهنما :

دکتر مهدی زارع

تابستان ۱۳۸۵

اعضاء هیات داوران :

***استاد راهنما* :**

دکتر زارع **امضاء**

استاد ممتحن داخلی :

پروفسور غفوری آشتیانی **امضاء**

استاد ممتحن خارجی :

دکتر قناد (دانشگاه صنعتی شریف) **امضاء**

***رئیس تحصیلات تکمیلی*:**

دکترزعفرانی **امضاء**

«فهرست مطالب»

عنوان صفحه

چکیده ۱

مقدمه ۳

۱- فصل اول : مفاهیم اصلی طیف خطریکنواخت ۷

۱-۱ مشخصه های حرکت زمین براثرزلزله ۷

۱-۲ طیف پاسخ و طیف طرح ۷

۱-۳ طیفهای طرح مقیاس شده ۸

۱-٤ طیفهای خطر یکنواخت ۱۱

۱-۵ مقایسه طیفهای خطر یکنواخت باطیف های مقیاس شده ۱۳

۱-٦ مروری برتحقیقات انجام شده درنقاط مختلف دنیا ۱٤

۱-٦ ۱- طیفهای خطر یکنواخت تعیین شده برای کانادا ۱٤

۱-٦ ۲- طیفهای خطر یکنواخت تعیین شده برای ایالت متحده آمریکا ۱٤

۱-٦ ۳- طیفهای خطر یکنواخت تعیین شده برای نواحی آدریاتیک ۱٤

۱-٦ ٤- طیفهای خطر یکنواخت تعیین شده برای نیوزیلند(CHRISTCHURCH) ۱۵

۲- فصل دوم:مفاهیم وکاربرد روابط کاهندگی ۱٦

۲-۱ تعریف روابط کاهندگی و روابط کاهندگی طیفی ۱٦

۲-۲ روابط کاهندگی طیفی مناسب برای تحلیل خطر لرزه ای درایرا ن ۱۷

۲-۳ رابطه کاهندگی طیفی پیشنهادی زارع (۲۰۰٤) ۱۸

۳- فصل سوم: برآورد و تحلیل خطر لرزه ای در منطقه بم ۲۲

۳-۱ تحلیل احتمالاتی خطرزلزله ۲۲

۳-۲ لرزه زمین ساخت گستره طرح ۲٤

۳-۳ برآورد پارامترهای لرزه خیزی برای گستره طرح ۲٦

فصل چهارم: تعیین طیف خطریکنواخت برای گستره بم بااستفاده ازنتایج تحلیل احتمالاتی خطرلرزه ای ۲۸

٤-۱ نتایج تحلیل احتمالاتی خطرلرزه ای. ۲۸

٤-۲ نتایج تحلیل احتمالاتی خطرلرزه ای بااستفاده ازرابطه کاهندگی طیفی زارع ۲۰۰٤ برای شرایط ساختگاهی سنگ بستر ۲۹

٤-۲ ۱- مولفه افقی ۲۹

٤-۲ ۲-مولفه قائم ۳۵

٤-۳ طیفهای خطریکنواخت ٤۰

٤-٤ -طیفهای خطریکنواخت میانگین برای بم ٤۱

۵- فصل پنجم:تعیین طیف طرح برای گسترهٔ بم با استفاده از طیف خطر یکنواخت تعیین شده ٤٤

۵-۱- انتخاب زمانهای تناوب کلیدی جهت ساخت طیف طرح ٤۵

۵-۲ انتخاب سطح احتمال وقوع برای طیف طرح ٤٦

۵-۳ روشهای ساخت طیف طرح با استفاده از مقادیر دامنهٔ طیف خطر یکنواخت ٤۹

۵-۳ ۱- ساخت طیف طرح با استفاده از دو مقدار شتاب طیفی ٤۹

۵-۳ ۲- ساخت طیف طرح با استفاده از سه مقدار شتاب طیفی ۵۰

۵-٤ تعیین طیف طرح برای گسترهٔ بم ۵۳

۵-۵ مقایسهٔ طیف طرح تعیین شده برای گسترهٔ بم با طیف طرح پیشنهادی آیین‌نامهٔ ۲۸۰۰ ایران ۵۵

٦- فصل ششم: پیش بینی جنبش نیرومند زمین و ارائه طیف پاسخ پیش بینی شده درایستگاه بم ۵۸

٦-۱ زمین لرزه ۵ دیماه ۱۳۸۲بم ۵۸

٦-۱ ۱- جنبش نیرومند زمین در زلزله بم ۵۹

٦-١ ٢- ویژگی های زلزله شناسی زمین لرزه بم..... ٦١
٦-١ ٣- شدت رومرکزی و بررسی پهنه های هم لرز..... ٦١
٦-١ ٤- پردازش داده های شتاب نگاری..... ٦٢
٦-١ ٤-١ تصحیح خط مبنا..... ٦٢
٦-١ ٤-٢ فیلتر و حذف نویز شتاب‌نگاشت‌ها..... ٦٢

٦ ٢- شبیه‌سازی جنبش نیرومند زمین..... ٦٣
٦-٢-١ - کلیات روش HUTCHINGS برای برآورد پارامترهای جنبش نیرومند زمین..... ٦٣
٦-٢ ٢- تئوری روش HUTCHINGS..... ٦٤
٦-٢ ٢-١ توابع گرین (GREEN ' S FUNCTIONS)..... ٦٤
٦-٢ ٢-٢ توابع گرین تجربی (EMPIRICAL GREEN FUNCTIONS)..... ٦٥
٦-٢ ٢-٣ تولید شتابنگاشت مصنوعی با استفاده از توابع تجربی گرین..... ٦٧

٦-٣- محدوده تغییر پارامترهای ورودی برای شبیه‌سازی زلزله بم با روش HUTCHINGS..... ٦٨

٦-٤ بررسی تاثیر تغییر پارامترهای لرزه‌ای در پارامترهای زمین لرزه بزرگ..... ٦٩

٦-٤ ١- تاثیر محل کانون زمین لرزه در نتایج شبیه‌سازی تکان اصلی زمین‌لرزه..... ٦٩
٦-٤ ٢- تاثیر تغییر محل صفحه گسیختگی و کانون زلزله به همراه هم..... ٦٩
٦-٤ ٣- تاثیر عمق کانونی زلزله در نتایج شبیه‌سازی..... ٦٩
٦-٤ ٤- تاثیر زبری سطح گسل در نتایج شبیه‌سازی..... ٦٩

٦-٥- پیش‌بینی محدوده قابل طیف پاسخ شتاب براساس زلزله‌های شبیه‌سازی شده زمینلرزه بم..... ٧٠

٦-٥ ١- بررسی تاثیر تغییر پارامترهای لرزه‌ای در پارامترهای زمین لرزه..... ٧٠
٦-٥ ٢- محاسبه خطا..... ٧١
٧- فصل هفتم: نتیجه گیری..... ٧٨

٨- مراجع..... ٨٤

٩- ضمائم و پیوست ها..... ٨٧

«فهرست اشکال»

عنوان صفحه

شکل ۱ ۱- مراحل ساخت طیف خطر یکنواخت(EERI,1989) ۱۲

شکل ۲ ۱- نمای شماتیک یک رابطه کاهندگی و عدم قطعیت موجود در آن (EERI,1989).....۱۶

شکل ۲ ۲- تاثیر شرایط ساختگاهی بر روی طیف حاصل از روابط کاهندگی طیفی زارع.....۱۹

شکل ۲ ۳- طیفهای قائم و افقی حاصل از روابط کاهندگی طیفی زارع ۲۰۰٤.....۲۰

شکل ۳ ۱- پراکندگی زمینلرزه ها در گستره پیرامون بم ۲۵

شکل۳-۲ گسلهای بنیادی در گستره پیرامون بم ۲۵

شکل ٤ ۱- نقشه شتاب افقی حداکثرزمین (G)، برای گستره بم بااستفاده ازرابطه کاهندگی زارع ۲۰۰٤.....۳۰

شکل ٤ ۲- نقشه شتاب طیفی افقی ۰/۱ ثانیه (G)،برای گستره بم با استفاده ازرابطه کاهندگی زارع ۲۰۰٤ .....۳۰

شکل ٤ ۳- نقشه شتاب طیفی افقی ۰/۲ ثانیه (G)،برای گستره بم بااستفاده ازرابطه کاهندگی زارع ۲۰۰٤ .....۳۱

شکل ٤ ٤- نقشه شتاب طیفی افقی ۰/۳ ثانیه(G) ،برای گستره بم بااستفاده ازرابطه کاهندگی زارع ۲۰۰٤ .....۳۱

شکل ٤ ۵- نقشه شتاب طیفی افقی ۰/۵ ثانیه (G)،برای گستره بم بااستفاده ازرابطه کاهندگی زارع ۲۰۰٤ .....۳۲

شکل ٤ ٦- نقشه شتاب طیفی افقی ۰/۷ ثانیه(G)، برای گستره بم بااستفاده ازرابطه کاهندگی زارع ۲۰۰٤.....۳۲

شکل ٤ ۷- نقشه شتاب طیفی افقی ۰/۷ ثانیه(G)، برای گستره بم بااستفاده ازرابطه کاهندگی زارع ۲۰۰٤ .....۳۳

شکل ٤ ۸- نقشه شتاب طیفی افقی ۱/۵ ثانیه (G)، برای گستره بم بااستفاده ازرابطه کاهندگی زارع ۲۰۰٤ .....۳۳

شکل ٤ ۹- نقشه شتاب طیفی افقی۲ ثانیه (G)، برای گستره بم بااستفاده ازرابطه کاهندگی زارع ۲۰۰٤.....۳٤

شکل ٤ ۱۰- نقشه شتاب قائم حداکثرزمین (G) ، برای گستره بم بااستفاده ازرابطه کاهندگی زارع ۲۰۰٤.....۳۵

شکل ٤ ۱۱- نقشه شتاب طیفی قائم ۰/۱ ثانیه (G)، برای گستره بم بااستفاده ازرابطه کاهندگی زارع ۲۰۰٤ .....۳٦

شکل ٤ ۱۲- نقشه شتاب طیفی قائم ۰/۲ ثانیه (G)،برای گستره بم بااستفاده ازرابطه کاهندگی زارع ۲۰۰٤.....۳٦

شکل ٤ ۱۳- نقشه شتاب طیفی قائم ۰/۳ ثانیه (G)،برای گستره بم بااستفاده ازرابطه کاهندگی زارع ۲۰۰٤.....۳۷

شکل ٤ ١٤ - نقشه شتاب طیفی قائم ٠/٥ ثانیه (G)،برای گستره بم بااستفاده ازرابطه کاهندگی زارع ٢٠٠٤.....٣٧

شکل ٤ ١٥ - نقشه شتاب طیفی قائم ٠/٧ ثانیه (G)،برای گستره بم بااستفاده ازرابطه کاهندگی زارع ٢٠٠٤ .....٣٨

شکل ٤ ١٦ - نقشه شتاب طیفی قائم ١ ثانیه (G)،برای گستره بم بااستفاده ازرابطه کاهندگی زارع ٢٠٠٤.....٣٨

شکل ٤ ١٧ - نقشه شتاب طیفی قائم ١/٥ ثانیه (G)،برای گستره بم بااستفاده ازرابطه کاهندگی زارع ٢٠٠٤.....٣٩

شکل ٤ ١٨ - نقشه شتاب طیفی قائم ٢ ثانیه (G)،برای گستره بم با استفاده ازرابطه کاهندگی زارع ٢٠٠٤ .....٣٩

شکل ٤ ١٩ - طیف خطریکنواخت افقی وطیف پاسخ شتاب مشاهده شده از تکان اصلی زمینلرزه بم درایستگاه بم.....٤٠

شکل ٤ ٢٠ -طیف خطریکنواخت افقی وطیف پاسخ شتاب مشاهده شده از تکان اصلی زمینلرزه بم درایستگاه ابارق.....٤٠

شکل ٤ ٢١ - طیفهای خطریکنواخت افقی میانگین برای بم ، ، ساختگاه نوع I و III ٤٣

شکل ٥ ١- مقایسهٔ منحنی‌های خطر لرزه‌ای شتاب طیفی ٠/٢ ثانیه برای دو شهر VANCOUVE, MONTREAL ٤٨

شکل ٥ ٢- طیف طرح پیشنهادی آیین نامهٔ IBC2000 برای حداکثر زلزلهٔ ممکن.....٥٠

شکل ٥ ٣- مقایسهٔ طیفهای خطر یکنواخت با طیفهای تقریبی سه نقطه‌ای برای دو شهر در کانادا.....٥٢

شکل ٥ ٤- طیف طرح دو و سه نقطه‌ای و طیف خطر یکنواخت میانگین برای گسترهٔ بم، مؤلفه افقی ،ساختگاه نوع I.....٥٣

شکل ٥ ٥- طیف طرح دو و سه نقطه‌ای و طیف خطر یکنواخت میانگین برای گسترهٔ بم، مؤلفه افقی ،ساختگاه نوع III.....٥٤

شکل ٥ ٦- طیفهای طرح برای گسترهٔ بم، پیشنهادی آیین‌نامهٔ ٢٨٠٠ و تعیین شده در این پروژه بااستفاده از روابط کاهندگی طیفی زارع (٢٠٠٤)، شرایط ساختگاهی نوع I.....٥٦

شکل ٥ ٧- طیفهای طرح برای گسترهٔ بم، پیشنهادی آیین‌نامهٔ ٢٨٠٠ و تعیین شده در این پروژه با استفاده از روابط کاهندگی طیفی زارع (٢٠٠٤)، شرایط ساختگاهی نوع III.....٥٧

شکل٦-١ گستره زلزله زده بم ٥٨

شکل ٦ ٢- شتاب‌نگاشت‌های ثبت‌کننده زمین‌لرزه اصلی ١٣٨٢/١٠/٥ بم.....٦٠

شکل٦-٣ شتابنگاشت ثبت شده در ایستگاه شتابنگاری بم.....٦٠

شکل٦-٤ مقایسه طیفهای پاسخ برای میرائی های ٥ درصد. ٦١

شکل ٦ ٥- نقشه هم شدت زلزله بم.....٦٢

شکل ٦ ٦- توابع تجربی گرین.....٦٦

شکل ۶ -۷ - مقایسه محدوده پیش‌بینی طیف پاسخ شتاب با طیف پاسخ شتاب مشاهده شده از تکان اصلی زمین‌لرزه برای ایستگاه بم.....۷۴

شکل۶ -۸ - نگاشت پسلرزه های مورداستفاده درشبیه سازی.....۷۵

شکل ۷-۱ مقایسه محدوده پیش بینی شده برای طیف پاسخ زمینلرزه محتمل دربم باطیف های خطریکنواخت درایستگاه بم (ساختگاه نوع III).....۸۹

«فهرست جداول»

عنوان صفحه

جدول ۲-۱ ضرایب مورد نیاز برای رابطه کاهندگی طیفی زارع ۲۰۰٤ مؤلفه افقی..... ۲۰

جدول ۲-۲ ضرایب مورد نیاز برای رابطه کاهندگی طیفی زارع ۲۰۰٤- مؤلفه قائم..... ۲۱

جدول ۳-۱ چشمه های لرزه زای تعریف شده درگستره بم وپارامترهای لرزه خیزی محاسبه شده برای آنها..... ۲۷

جدول ٤-۱ مقادیرمیانگین PGA وشتاب طیفی افقی برای دوشرایط ساختگاهی ۱ و۳ در گستره بم ٤۲

جدول ۶-۱- محدوده تغییر پارامترهای ورودی برای شبیه سازی زمین لرزه بم..... ۶۸

جدول ۶-۲ - مقایسه محدوده پیش‌بینی طیف پاسخ شتاب با طیف پاسخ شتاب مشاهده شده از تکان اصلی زمین لرزه برای ایستگاه بم..... ۷۳

تقدیم به :

پدرومادرعزیزم

که وجودشان بزرگترین سرمایه زندگی من است .

تقدیروتشکر

وظیفه خود می دانم تاازززحمات عزیزانی که درطول تحقیق وتهیه این مجموعه مراپیوسته همراه بودند تشکر کنم .ازززحمات استادبزرگوارم جناب آقای دکترزارع که درطول مدت تحقیق یاری رسانم بودندوکمال همکاری ومساعدت رابااینجانب نمودند،نهایت تقدیروتشکر رابه عمل می آورم .

و با سپاس فراوان از استاد فرزانه جناب آقای پروفسور غفوری آشتیانی که راهنماییهایشان همواره گره گشا بوده است . ایشان نه تنها درعلم، که درکلام، اندیشه و کردار نیز سمبل بزرگی برای بنده بوده اند.

چکیده :

طیف خطریکنواخت ، طیفی است که مقادیردامنه آن درزمانهای تناوب مختلف ، ازاحتمال وقوع یکسانی برخورداریاشد .استفاده ازچنین طیفی به عنوان طیف طرح درطراحی سازه ها ، ازملزومات برقراری یک سطح ایمنی مطلوب بصورت یکنواخت درعملکردسازه های مختلف درمقابل زلزله می باشد .چنین مزیتی وسایرخواص طیفهای خطریکنواخت سبب شده است که امروزه دربسیاری ازآیین نامه های طراحی سازه ها ازطیفهای خطریکنواخت به عنوان طیف طرح استفاده گردد .

هدف ازانجام این پروژه تعیین طیفهای خطریکنواخت درشرایط ساختگاهی مختلف برای گستره شهربم در جنوب شرقی کرمان – که زمینلرزه ۵ دی ماه ۱۳۸۲ بم با بزرگای گشتاوری ٦/٥ در اثر جنبائی مجدد گسل بم رخ داد و شهر بم را به دلیل اثر حوزه نزدیک گسل ویران نمود و منجر به کشته و زخمی شدن بیش از ۸۰۰۰۰ نفر از مردم این شهر شد- می باشد . جهت انجام اینکار ، روش تحلیل احتمالاتی خطرلرزه ای مورداستفاده قرارگرفته است زیرااین امکان رافراهم می سازد که عدم قطعیتهای مختلف وابسته به وقوع زلزله رابصورت کمی درمحاسبات واردکردونتایج راباحتمال وقوع مشخص تعیین نمود.دراین پروژه پس ازتعیین گستره بم – محدوده ای بین ٦٠ ٥٧ درجه طول جغرافیایی و ۳۰-۲۸درجه عرض جغرافیایی – و نیز جمع آوری اطلاعات لازم برای تعیین چشمه های لرزه زا وبرآوردپارامترهای لرزه خیزی برای آنها ،محاسبات مربوط به تحلیل خطرلرزه ای انجام گرفته است .رابطه کاهندگی جزئی کلیدی درتحلیل خطرلرزه ای به شمارمی رود، دراین پروژه از رابطه کاهندگی زارع۲۰۰٤ استفاده شده است. ارزیابی احتمالی خطرزلزله برای یک شبکه ۲۰×۳۰ شهربم انجام شده ونتایج حاصل دراین پروژه ،مولفه های افقی وقائم شتاب حداکثرحرکت زمین وشتابهای طیفی باحتمال وقوع ۱۰%در۵۰سال برای شرایط ساختگاهی متفاوت است که درقالب طیفهای خطریکنواخت ونقشه های شتاب طیفی افقی وقائم برای گستره بم ارائه شده اند .

برای ساخت طیف طرح براساس طیف خطریکنواخت تعیین شده برای گستره بم ،زمانهای تناوب کلیدی که بااستفاده ازمقادیردامنه طیفی درآنها می توان طیف طرح راساخت مشخص شده وسپس روشهایی جهت ساخت طیف طرحی سازگارباطیف خطریکنواخت معرفی شده اند .دردوایستگاه بم وابارق ، طیف طرح پیشنهادشده وباطیف طرح استاندارد۲۸۰۰ برای آن منطقه مقایسه شده است. همچنین بااستفاده از روش شبیه سازی در برآورد رنج پارامترهای زمین

لرزه، به برآورد رنج پارامترهای زمین لرزه محتمل در شهر بم برای یکی از نقاط در شهر (ایستگاه بم بر روی خاک نوع ۳) که در این نقطه زمین لرزه ثبت شده کوچک موجود بوده است؛ پرداخته می شود و طیف پاسخ زمین لرزه برای مولفه افقی برآورد می گردد.درنهایت بمنظوربررسی استاندارد۲۸۰۰، مقایسه ای بین طیف پاسخ پیش بینی شده درایستگاه بم ، طیف پاسخ مشاهده شده دراین ایستگاه ، طیف طرح پیشنهادشده دراین پروژه وطیف پیشنهادی استاندارد۲۸۰۰ انجام می شود.

کلمات کلیدی : تحلیل احتمالاتی خطرلرزه ای ، طیفهای خطریکنواخت ، نقشه های شتاب طیفی ، طیف طرح ،طیف پاسخ پیش بینی شده، شبیه سازی ، بم

مقدمه

به منظورکاهش آسیب پذیری سازه هادربرابرزلزله ، لازم است که اولاروشی مناسب جهت تحلیل وطراحی سازه ها دربرابرنیروهای ناشی اززلزله انتخاب شودوثانیا برآوردی منطقی وقابل اعتمادازنیروهای زلزله دردست باشد . چنین ملزوماتی ، طراح راقادرمی سازدتابنحومطلوبی طراحی سازه های مقاوم دربرابرزلزله یاطرح بهسازی لرزه ای یک سازه موجود رابه انجام برساند . برای بدست آوردن برآوردی ازخسارت احتمالی زلزله ابتدالازم است که تخمینی اززلزله های محتمل را درمنطقه بدست آوریم که برای رسیدن به این هدف نیازبه تحلیل طیفی خطرزلزله درمنطقه می باشد که دراین مطالعه به این مهم پرداخته شده است .تحلیل طیفی خطرزلزله دراصل روشی است که بااتکابه آن وباتوجه به شرایط زمین شناسی وتکتونیکی منطقه وزلزله های ثبت شده گذشته می توان تخمینی اززلزله های آینده درنقاط مختلف پهنه تخمین زده وسپس برای پریودوهرسطح خطرنقشه پهنه بندی لرزه خیزی راتهیه کرده که این امررامی توان بعنوان ابزارمناسبی جهت طیفهای خطریکنواخت بشمارآورد .

به طورکلی به منظورتحلیل سازه هادربرابرزلزله ، سه روش متفاوت وجوددارد : روش استاتیکی ، روش تحلیل تاریخچه زمانی ، روش تحلیل طیفی .

روش معادل استاتیکی تاسالها به عنوان روش پیشنهادی تمام آیین نامه ها مطرح بود.فرض بنیادی درروش معادل استاتیکی ،این است که سازه و پی آن بصورت صلب عمل می کنند و لذا شتاب سازه ، مساوی باشتاب حرکت زمین خواهدبود.این روش نمی تواندبطورصریح ومشخص میزان نیروهای ناشی اززلزله وچگونگی توزیع آنهارامشخص سازد .علاوه براین ،اساسا ایده استفاده ازیک تحلیل استاتیکی به جای یک تحلیل دینامیکی ، خصوصادرموردسازه های خاص ونامنظم درپلان یاارتفاع ، با تردید جدی مواجه است .

درروش دینامیکی ، بااستفاده ازاطلاعات ثبت شده ناشی ازجنبش نیرومندزمین ،سازه موردتحلیل قرارمی گیرد ونتایج حاصله به عنوان پاسخ تاریخچه زمانی تغییرمکانها ویانیروهاارائه می گردد .به دلیل دشواری محاسبات وحجم بسیاربالای عملیات ، استفاده ازاین روش درموردتمام سازه ها منطقی بنظرنمی رسد . ازطرف دیگر انتخاب اطلاعات ثبت شده ناشی

ازجنبش نیرومندزمین که باید دریک تحلیل دینامیکی بکاررود، خصوصا درمناطقی بالرزه خیزی کم تامتوسط که تعدادزلزله های ثبت شده ، کم وناچیزاست کارآسانی بشمارنمی رود ونیازبه تحقیقات جامعی دارد (Lee et al.,2000) .

روش طیفی یاشبه دینامیکی امروزه روش قابل قبولی محسوب می شود وبسیاری ازآیین نامه ها چنین روشی را به منظورتحلیل سازه دربرابرزلزله ودرنهایت طراحی سازه ها به شیوه ای مقاوم دربرابرزلزله توصیه می نمایند .

گذشته ازاینکه چه روشی جهت تحلیل سازه ها دربرابرزلزله انتخاب گردد ، لازم است که برآوردی منطقی ازازنیروهای ناشی اززلزله دردست باشد .چنین برآوردی به اشکال مختلف درروشهای تحلیل سازه ها دربرابرنیروهای ناشی اززلزله واردمی شود . بعنوان مثال ، درروش معادل استاتیکی ،ازیک پارامتر وابسته به حرکات موردانتظار زمین که دارای احتمال وقوع مشخص درساختگاه موردنظراست ، جهت برآورد خطرلرزه ای استفاده می شود .درروش تحلیل تاریخچه زمانی ، برآوردنیروهای ناشی اززلزله ،بوسیله رکوردهای ثبت شده ازجنبش نیرومندزمین فراهم می گردد .اما درروش طیفی ازطیف پاسخ بااحتمال وقوع مشخص که طیف طرح نامیده می شود جهت برآورد نیروهای ناشی اززلزله استفاده می گردد .بنابراین انتخاب یک طیف طرح مناسب ،مرحله ای مهم درطراحی سازه ها دربرابرزلزله بشمارمی رود .یک طیف طرح مناسب باید درتمام زمانهای تناوب ازاحتمال وقوع یکسانی برخورداراباشد تاتمام سازه هایی که بوسیله این طیف طرح می گردند ، برای سطح خطریکسانی طراحی شوند. چنین مسئله ای ازملزومات اساسی ایجادیک سطح ایمنی مطلوب بصورت یکسان برای تمام سازه هایی که بوسیله طیف طرح یک آیین نامه طراحی می گردند ،به شمار می رود. تحقیقات وسیعی که دراین زمینه انجام گرفته ،منجربه ارائه نسل جدیدی ازطیفهای پاسخ ،موسوم به طیفهای خطریکنواخت گردیده است که امروزه این طیفهادربسیاری ازآیین نامه های معتبردنیا ، بکارگرفته شده اند .

طیف خطریکنواخت ، طیف پاسخی است که احتمال وقوع یکسانی درتمام نقاط دامنه آن درزمانهای تناوب مختلف حاکم است .این طیف تابعی ازاحتمال وقوع است وبا تغییراین احتمال، مقادیردامنه طیف وشکل طیف تغییرخواهدکرد .

جهت انجام این کار ، روش تحلیل احتمالاتی خطرلرزه ای مورداستفاده قرارگرفته است زیرا این امکان رافراهم می سازد که عدم قطعیتهای مختلف وابسته به وقوع زلزله رابصورت کمی درمحاسبات واردکرد و نتایج رابااحتمال وقوع مشخص تعیین نمود. هدف ازتحلیل خطرلرزه ای ارزیابی منطقی پارامترهای حرکت زمین یا پارامترهای وابسته به آن

درساختگاه موردنظر ، براثررویداد زمین لرزه درچشمه های بالقوه زمین لرزه درمدت زمان معین ، که معمولاطول عمر سازه است ، می باشد .

بدون شک یکی ازمهمترین اجزادرتحلیل خطرلرزه ای ،روابط کاهندگی هستند .رابطه کاهندگی عبارتست ازیک معادله ریاضی که پارامترهای حرکت زمین رابصورت توابعی ازبزرگی زلزله ، فاصله ، شرایط ساختگاهی و...تخمین می زند .بهترین رابطه کاهندگی برای یک ناحیه ، رابطه ای است که بااستفاده ازاطلاعات ثبت شده درهمان ناحیه ، ساخته شده باشد.رابطه کاهندگی که دراین پروژه بکاررفته رابطه کاهندگی زارع۲۰۰٤ می باشد .

ارزیابی احتمالی خطرزلزله برای شبکه ای ازنقاط بافواصل ۰.۱ درجه تقسیم بندی شده انجام شده است ونتایج حاصل دراین پروژه، مولفه های افقی وقائم شتاب حداکثرحرکت زمین وشتابهای طیفی بااحتمال وقوع ۱۰%در۵۰ سال برای شرایط ساختگاهی متفاوت است که درقالب طیفهای خطریکنواخت ونقشه های شتاب طیفی افقی وقائم برای گستره بم ارائه شده اند. بااستفاده ازطیفهای خطرتعیین شده برای بم ، می توان طیف طرحی ساخت که مبنای طیف خطریکنواخت باشد.در این پروژه، چند رو ش مختلف جهت ساخت طیف طرح با استفاده از نتایج طیفهای خطر یکنواخت مورد استفاده قرار گیرند. مقایسه بین این طیفهای طرح و طیف طرح پیشنهادی آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰ ایران برای بم، می تواند نشانگر نقاط مشترک و تفاوت آنها باشد.

از سویی دیگر در بحث مهندسی زلزله، ویژگی‌های مهم رکوردهای لرزه‌ای، انرژی، دامنه‌ها (PGA,PGV,PGD,...)، تداوم (Duration) و محتوی فرکانسی رکوردها می‌باشند . از بین پارامترهای اشاره شده بهترین شاخص از زلزله، انرژی زلزله می‌باشد؛ ولی بنابه دلایلی نمی‌توان از ویژگی انرژی زلزله استفاده کرد. که این دلایل عبارتند از:

۱- روشی مستقیمی برای اندازه‌گیری آن نداریم.

۲- دستگاهی برای ثبت آن نداریم.

۳- روش‌های دینامیکی محاسبه پاسخ سازه به صورت تعادل نیرویی است.

٤- روشی برای محاسبه پاسخ سازه و المان‌ها و طراحی آن‌ها با استفاده از انرژی نداریم.

از طرفی روش دینامیکی تاریخچه زمانی دقیق‌ترین روش محاسبه و بررسی رفتار سازه در محدوده خطی و غیر خطی و در یک زلزله خاص و چندین زلزله می‌باشد. در مواقعی که تاریخچه زمانی شتاب زلزله در منطقه‌ای در دسترس نباشد برای اهداف مهندسی از زمین‌لرزه‌های ثبت شده در مناطق دیگر استفاده می‌گردد. همان‌طور که می‌دانیم زمین‌لرزه بوقوع پیوسته در هر ناحیه‌ای دارای مشخصات و ویژگی‌های خاص خود می باشد و در نتیجه تنها از زمین‌لرزه‌های ثبت شده در خود منطقه مورد نظر می‌توان برای تحلیل و بررسی سازه‌ها در آن منطقه استفاده کرد.درفصل ششم ازاین پایان نامه هدف ، پیش‌بینی جنبش نیرومند زمین برای مناطقی است که در آن مناطق زمین‌لرزه بزرگ رخ نداده است.

در این فصل ، به بررسی تاثیر پارامترهای لرزه ای منبع (همچون محل کانون زمین لرزه، راستای گسلش، عمق کانونی، زبری سطح گسل، و سرعت موج برشی) در پارامترهای مهندسی زلزله پرداخته می شود.

همچنین بااستفاده از روش شبیه سازی در برآورد رنج پارامترهای زمین لرزه، به برآورد طیف پاسخ زمین لرزه محتمل در شهر بم با استفاده از حداقل ویژگی های شناخته شده این زمین لرزه برای یکی از نقاط در شهر (ایستگاه بم بر روی خاک نوع ۳) که در این نقطه زمین لرزه ثبت شده کوچک موجود بوده است؛ می پردازیم و طیف پاسخ زمین لرزه برای مولفه افقی برآورد می گردد.

باچنین پیش زمینه ای ، هدف ازانجام این پروژه ، تعیین طیفهای خطریکنواخت وساخت طیف طرح براساس آنها ، درگستره شهربم ومقایسه باطیف پاسخ زلزله ۵ دیماه ۱۳۸۲ بم وطیف پاسخ پیش بینی شده اززمینلرزه محتمل دربم وطیف طرح استاندارد۲۸۰۰ درمحل ایستگاه بم می باشد .

فصل اول : مفاهیم اصلی طیف خطریکنواخت

۱-۱ - مشخصه های حرکت زمین براثر زلزله

مشخصه هایی از حرکت زمین براثر زلزله که در کاربردهای مهندسی زلزله ازاهمیت زیادی برخوردارند، به قرار زیر می باشند :

۱.حرکت اوج زمین (شتاب اوج زمین، سرعت اوج زمین وجابجایی اوج زمین)

۲. مدت حرکت شدید

۳. محتوای فرکانسی

هریک ازاین پارامترها بر پاسخ سازه تاثیرمی گذارند. حرکت اوج زمین عمدتا بردامنه لرزش تاثیرمی گذارد.مدت حرکت شدید اثرچشمگیری برشدت لرزش دارد .محتوای فرکانسی وشکل طیفها بافرکانسها یازمانهای تناوب لرزش سازه رابطه دارند .درهرسازه ، زمانی که محتوای فرکانس حرکت وفرکانس لرزش سازه به یکدیگرنزدیک باشند، حرکت زمین بیشترتقویت می شود .

۱-۲ - طیف پاسخ و طیف طرح

طیف پاسخ (Response Spectrum) عبارتست از نمودار حداکثر یک پاسخ انتخابی (نظیر تغییر مکان، سرعت و یا شتاب) در مقابل زمان تناوب طبیعی ارتعاش سیستم (و یا کمیتهای وابسته نظیر فرکانس زاویه ای و یا فرکانس دوره ای).طیف پاسخ ، ابزار مناسبی است جهت تحلیل و تعیین رفتار یک سازه در مقابل زلزله ای که طیف پاسخ برای آن رسم شده است، اما به منظور طراحی سازه ها اصلاً مناسب نمی باشد. علت آنهم با توجه به شکل طیفهای پاسخ به سادگی قابل بیان است، منحنی طیف پاسخ بسیار تیز و دندانه دار می باشد و هموار نیست. این دندانه ها و بریدگیها صرفاً ناشی از یک زلزله خاص می باشند و در دو زلزله متفاوت ممکن است هیچ شباهتی به هم نداشته باشند. طیف طرح (Design Spectrum)، از انجام محاسبات آماری برروی مجموعه ای از طیفهای پاسخ مربوط به داده های

ثبت شده با خصوصیات مشترک، بدست می آید. با میانگین گیری وصاف کردن طیفهای پاسخ مربوط به یک منطقه معین ،طیفهای طراحی بدست می آیند.این طیفهاامروزه ،به طورگسترده درآنالیزاستاتیکی سازه هامورداستفاده قرارمی گیرند.

۱-۳- طیفهای طرح مقیاس شده

تمام آیین نامه ها، طیفی را به عنوان طیف طراحی سازه ها در برابر زلزله معرفی می کنند. بسیاری از این طیفهای طرح، از نوع طیفهای مقیاس شده (Scaled) می باشند. اگر چه تعدادی از آیین نامه های پیشرو، استفاده از طیفهای مقیاس شده را کنار گذاشته اند – و در واقع استفاده از طیفهای خطر یکنواخت را جایگزین آن کرده اند. – اما هنوز برخی از آیین نامه ها از جمله آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله ایران (استاندارد ۲۸۰۰)، از طیفهای مقیاس شده به عنوان طیف طرح استفاده می کنند. با توجه به مطالب گفته شده در بخش قبل، مراحل تولید طیف طرح مقیاس شده را می توان به سه گام کلی تقسیم کرد:

گام اول) تهیه یک طیف طرح استاندارد: این طیف طرح استاندارد که شکل طیفی آن مبنای تمام طیفهای طرح ساخته شده قرار می گیرد، از انجام مطالعات آماری روی طیفهای پاسخ همپایه شده که در زلزله های مختلف ثبت شده اند، تهیه می شود. همپایه کردن این طیفهای پاسخ تقریباً در تمامی موارد براساس پارامتر شتاب حداکثر زمین (PGA) صورت می گیرد که این شتاب برابر پاسخ شتاب در زمان تناوب صفر نیز می باشد. طیفهای پاسخی که جهت تهیه طیف طرح بکار می روند، باید از نظر شرایط ساختگاهی در وضعیت مشخص و تقریباً یکسانی باشند. طیف طرح محاسبه شده از مطالعات آماری همانگونه که پیشتر گفته شد، می تواند یک مقدار میانگین (طیف طرح میانگین) یا یک مقدار میانگین بعلاوه یک واحد انحراف معیار (طیف طرح فوق میانگین) باشد. گاهی طیفهای طرح استاندارد به صورت طیف بازتاب ارائه می شوند، مانند آیین نامه ۲۸۰۰ ایران که منظور از طیف بازتاب، همان طیف طرح استاندارد بدون بعد شتاب است.

گام دوم) تعیین پارامتر مقیاس کننده: جهت مقیاس کردن طیف طرح استاندارد نیاز به یک پارامتر مقیاس کننده می باشد که در روشهای معمول این پارامتر، یکی از پارامترهای مرتبط با حرکت زمین است. بدست آوردن این پارامتر بطور کلی بوسیله یکی از روشهای تحلیل خطر لرزه ای صورت می گیرد. روش مرسوم در آیین نامه ها بدین شکل است که این پارامتر برای احتمال وقوع مشخص در نقاط مختلف مورد محاسبه قرار می گیرد و نتایج آن در قالب جداول یا