

صلى الله عليه وسلم



وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه شهید مدنی آذربایجان
دانشکده فنی و مهندسی
پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد
گروه عمران-زلزله

تعیین و بررسی طیف‌های طرح قائم برای حوزه‌ی نزدیک و دور از گسل

استاد راهنما :

دکتر ارژنگ صادقی

پژوهشگر :

علی بهلولی

اسفند ۱۳۹۳

تقدیم

بہ پدر و مادر و ہمہ می عزیزانم

بالمشکرو پاس فراوان از خداوند منان که موجبات توفیق این جانب را فراهم نمود

و پس از او

از زحمات و راهنمایی‌های بی‌دریغ استاد گرانقدرم، جناب آقای دکتر ارژنگ صادقی، که مراد کردآوری این تحقیق یاری نموده‌اند، سپاسگزارم.
همچنین نهایت پاس را دارم از مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی که داده‌های مورد نیاز این تحقیق را ارائه نمودند.

علی بهلولی

بهمن ۱۳۹۳

فهرست مطالب:

فصل ۱- مقدمه

- ۱-۱ پیشگفتار ۱
- ۲-۱ بیان مساله ۲
- ۳-۱ هدف پایان نامه ۳
- ۴-۱ روش تحقیق ۳
- ۵-۱ ساختار پایان نامه ۴

فصل ۲ - تئوری طیف طراحی و مروری بر طیف‌های ارائه شده توسط محققین پیشین

- ۱-۲ مقدمه ۶
- ۲-۲ طیف‌های پاسخ ۶
- ۱-۲-۲ طیف‌های پاسخ الاستیک ۱۵
- ۳-۲ طیف‌های ویژه ساختگاه ۱۵
- ۴-۲ طیف‌های طراحی ۱۶
- ۵-۲ ویژگی‌های تکان زمین لرزه در زلزله ۱۹
- ۱-۵-۲ بیشینه تکان زمین ۱۹
- ۲-۵-۲ مدت دوام تکان قوی ۲۰
- ۳-۵-۲ محتوای فرکانسی ۲۲
- ۶-۲ عوامل موثر در طیف پاسخ ۲۶
- ۷-۲ طیف‌های ارائه شده توسط محققین پیشین ۳۱
- ۱-۷-۲ مقدمه: ۳۱

۳۲.....	۲-۷-۲ طیف طراحی نیو مارک-هال
۳۶.....	۲-۷-۳ طیف‌های NRC
۳۸.....	۸-۲ تاثیر نوع خاک بر طیف طراحی
۳۸.....	۱-۸-۲ مقدمه
۳۹.....	۲-۸-۲ طیف‌های طراحی سید-ادریس
۳۹.....	۳-۸-۲ طیف طراحی مهرز
۴۷.....	۴-۸-۲ طیف‌های طراحی ATC و ICBO
۵۰.....	۹-۲ تاثیر بزرگی و مدت زمینلرزه بر طیف‌های پاسخ و طراحی
۵۰.....	۱-۹-۲ مقدمه
۵۳.....	۲-۹-۲ طیف‌های طراحی احتمالاتی پنگ، القدمسی و مهرز
۵۴.....	۱۰-۲ طیف حرکت قائم
۵۹.....	۱۱-۲ طیف‌های طرح قائم الاستیک نزدیک و دور از گسل حاصل از مطالعات اخیر
	فصل ۳- شتابنگاشتها و نحوه‌ی پردازش آنها
۶۰.....	۱-۳ مقدمه:
۶۰.....	۲-۳ کاربرد لرزه نگاشت و شتابنگاشت
۶۲.....	۳-۳ روش‌های پردازش رکوردها
۶۳.....	۴-۳ منابع خطای شتابنگاشت
۶۳.....	۳-۴-۱ خطاهای دستگاهی
۶۴.....	۲-۴-۳ خطای ظهور و عددی کردن
۶۶.....	۵-۳ روش‌های تصحیح شتابنگاشت

۶۶.....	۱-۵-۳ تصحیح محور نمودار
۶۷.....	۲-۵-۳ روش تصفیه فرکانس‌ها (فیلتر کردن فرکانس‌ها)
۶۸.....	۶-۳ تاثیر نحوه تصحیح شتابنگاشت
۶۹.....	۷-۳ تعیین fL و fH برای تصحیح شتابنگاشت‌ها
۶۹.....	۱-۷-۳ انتخاب fH برای حذف خطاهای فرکانس بالا
۷۰.....	۲-۷-۳ انتخاب fL برای حذف خطاهای فرکانس پایین
۷۱.....	۳-۷-۳ تعیین مقادیر فرکانس‌های تصحیح به روش طیف فوریه
۷۲.....	۸-۳ بهنجار نمودن طیف‌های پاسخ
۷۲.....	۹-۳ نحوه‌ی تعیین طیف بازتاب به روش آماری
فصل ۴- تعیین طیف طراحی قائم الاستیک زلزله‌های ایران و بررسی آنها	
۷۴.....	۱-۴ مقدمه
۷۵.....	۲-۴ نحوه‌ی گزینش رکوردها و مراحل پردازش آنها
۷۹.....	۳-۴ تصحیح رکوردهای گزینش شده
۸۳.....	۴-۴ رسم طیف پاسخ خطی شتاب
۸۹.....	۵-۴ تعیین طیف‌های بازتاب میانگین (تراز ۰.۵٪) و میانگین به اضافه‌ی یک انحراف استاندارد میرایی ۰.۵٪
۹۸.....	۶-۴ رسم طیف بازتاب هموار شده
۱۰۵.....	۷-۴ مقایسه و بررسی طیف بازتاب قائم هموار شده با میرایی ۰.۵٪ حوزه‌ی نزدیک و دور برای ساختگاه‌های مختلف
۱۰۸.....	۸-۴ مقایسه و بررسی طیف بازتاب قائم هموار شده با میرایی ۰.۲٪ حوزه‌ی نزدیک و دور برای ساختگاه‌های مختلف

۹-۴ مقایسه طیف بازتاب قائم میانگین هموار با میرایی ۰.۵٪ حوزه‌ی نزدیک و دور برای
ساختگاه‌های مختلف با طیف استاندارد ویرایش سوم آیین‌نامه ۲۸۰۰ با اعمال ضریب $\frac{2}{3}$ ۱۱۱

۱۰-۴ مقایسه طیف بازتاب قائم میانگین به اضافه یک انحراف استاندارد هموار با میرایی ۰.۵٪
حوزه‌ی نزدیک و دور برای ساختگاه‌های مختلف با طیف استاندارد ویرایش سوم آیین‌نامه ۲۸۰۰ با
اعمال ضریب $\frac{2}{3}$ ۱۱۳

۱۱-۴ مقایسه طیف‌های طراحی قائم حوزه‌های دور و نزدیک با نتایج تحقیقات پیشین ۱۱۶

فصل ۵- بررسی و مقایسه نتایج حاصل شده با طیف آیین‌نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم و نتیجه‌گیری

و پیشنهادات

۱-۵ مقدمه ۱۱۵

۲-۵ نتیجه‌گیری ۱۱۶

۳-۵ پیشنهادات ۱۱۷

فهرست اشکال

شکل ۱-۲ نمونه سرعت نسبی طیفی در ۰.۵٪ میرایی برای شتابنگاشت مولفه SOOE زمین لرزه‌ی
۱۸ مه ۱۹۴۰ El Centro, Imperial Valley ۹

شکل ۲-۲ نمونه شتاب طیفی در ۰.۵٪ میرایی برای شتابنگاشت مولفه SOOE زمین لرزه‌ی ۱۸ مه
۱۹۴۰ El Centro, Imperial Valley ۱۰

شکل ۳-۲ دو مثال سازه‌ی یک درجه آزادی ۱۰

شکل ۴-۲ شتاب نگاشت زلزله‌ی ۱۷ آگوست ۱۹۹۹ The Kocaeli Sakaria recording station

(Turkey) ۱۱

- شکل ۲-۵ طیف پاسخ شتاب، زمین لرزه‌ی شکل ۲-۴ ۱۱
- شکل ۲-۶ طیف‌های پاسخ زمین لرزه شکل ۲-۴ ۱۲
- شکل ۲-۷ شکل طیف شتاب و ترسیم طیف پاسخ روی یک کاغذ سه جانبه بر حسب پریود سازه
..... ۱۴
- شکل ۲-۸ شکل طیف شتاب و ترسیم طیف پاسخ روی یک کاغذ سه جانبه بر حسب فرکانس
سازه ۱۴
- شکل ۲-۹ طیف‌های پاسخ برای مولفه‌ی شمال جنوب حرکات زمین ثبت شده در ایستگاه ناحیه‌ی
آبیاری امپریال ولی، السسترو، کالیفرنیا در طول زلزله‌ی ۱۸ می، ۱۹۴۰؛ ۹ فوریه، ۱۹۵۶؛ و ۸ آوریل، ۱۹۶۸
..... ۱۸
- شکل ۲-۱۰ تغییرات حداکثر شتاب زمین با فاصله تا مرکز زمین لرزه ۲۰
- شکل ۲-۱۱ طیف دامنه فوریه برای مولفه شمال - جنوب زمین لرزه ۱۹ سپتامبر ۱۹۸۵
..... ۲۳
- Michoacan
- شکل ۲-۱۲ مقایسه طیف دامنه‌ی فوریه و طیف سرعت برای یک سیستم نامیرای یک درجه آزادی
تحت اثر مولفه‌ی SOOE زلزله می ۱۹۴۰ السسترو - امپریال ولی ۲۶
- شکل ۲-۱۳ اثرات ناشی از مسافت و بزرگای با روابط میرایی ۲۸
- شکل ۲-۱۴ طیف برای زلزله‌های با بزرگای ۵/۵ و مسافت ۱۰ کیلومتر برای ساختگاه‌های مختلف
..... ۲۹
- شکل ۲-۱۵ اثر فاصله بر طیف شتاب ۳۰
- شکل ۲-۱۶ طیف‌های طراحی نرمال شده در ۲۰٪ شتاب ثقل ۳۲
- شکل ۲-۱۷ شکل‌های طراحی نرمال شده در 1.0g ۳۵
- شکل ۲-۱۸ طیف‌های پاسخ طراحی افقی NRC، نرمال شده در شتاب افقی زمین 1.0g A و B و
C و D فرکانس‌های کنترل متناظر با ۳۳، ۹، ۲/۵ و ۰/۲۵ هرتز هستند ۳۷
- شکل ۲-۱۹ طیف‌های پاسخ طراحی قائم NRC، نرمال شده در شتاب افقی زمین 1.0g A و B و
C و D فرکانس‌های کنترل متناظر با ۳۳، ۹، ۳/۵ و ۰/۲۵ هرتز هستند ۳۸

- شکل ۲-۲۰ طیف‌های شتاب میانگین برای انواع مختلف زمین. ۴۰.....
- شکل ۲-۲۱ طیف‌های شتاب میانگین به اضافه‌ی یک انحراف استاندارد برای انواع مختلف زمین
..... ۴۱
- شکل ۲-۲۲ طیف‌های شتاب افقی میانگین در ۲٪ برای چهار طبقه بندی زمین ۴۱
- شکل ۲-۲۳ طیف‌های میانگین شکل ۲-۲۲، رسم شده روی نمودار لگاریتمی سه جانبه ۴۲
- شکل ۲-۲۴ مقایسه تقویت‌های شتاب افقی میانگین در ۵٪ میرایی برای سنگ ۴۲
- شکل ۲-۲۵ طیف‌های پاسخ میانگین به اضافه‌ی یک انحراف استاندارد در ۲٪ میرایی برای چهار
طبقه بندی زمین؛ نرمال شده در شتاب افقی زمین 1.0g ۴۳
- شکل ۲-۲۶ تغییرات شتاب طیفی بر حسب میرایی در شتاب زمین واحد، برای مولفه‌های افقی با
اوج شتاب بزرگتر ۴۴
- شکل ۲-۲۷ تغییرات سرعت طیفی بر حسب میرایی در شتاب زمین واحد، برای مولفه‌های افقی با
اوج شتاب بزرگتر ۴۵
- شکل ۲-۲۸ تغییرات جابجایی طیفی بر حسب میرایی، در شتاب زمین واحد، برای مولفه‌های افقی
با اوج شتاب بزرگتر ۴۶
- شکل ۲-۲۹ طیف‌های شتاب میانگین صاف (هموار) شده با استفاده از ۴ فرکانس کنترل ۴۸
- شکل ۲-۳۰ منحنی‌های نرمال و توصیه شده برای استفاده در آیین‌نامه‌ی ساختمانی ۴۸
- شکل ۲-۳۱ مقایسه‌ی شکل‌های طیفی مهرز با SEAOC برای ۵٪ میرایی. ۴۹
- شکل ۲-۳۲ نمودار لگاریتمی سه‌جانبه شکل‌های طیفی UBC نرمال شده در زمین 0.5g ۴۹
- شکل ۲-۳۳ تاثیر بزرگی زمین‌لرزه بر شکل‌های طیفی ۵۱
- شکل ۲-۳۴ تاثیر مدت تکان قوی بر شکل‌های طیفی. منحنی‌ها برای آبرفت و ۵٪ میرایی رسم
شده‌اند. ۵۲
- شکل ۲-۳۵ تاثیر مدت تکان قوی بر شکل‌های طیفی. منحنی‌ها برای سنگ و ۵٪ میرایی رسم
شده‌اند. ۵۳

- شکل ۲-۳۶ مقایسه‌ی طیف‌های طراحی گوناگون نرمال شده در شتاب زمین 0.2g با ۰.۵٪ میرایی روی آبرفت ۵۴
- شکل ۲-۳۷ نسبت حداکثر شتاب زمین قائم به افقی ۵۸
- شکل ۲-۳۸ طیف‌های پاسخ حوزه‌ی نزدیک برای میرایی ۰.۲٪ ۵۹
- شکل ۲-۳۹ طیف‌های پاسخ میانگین حوزه‌ی دور و نزدیک ۶۰
- شکل ۲-۴۰ حداکثر دامنه برای سطوح مختلف میرایی ۶۱
- شکل ۳-۱ خطای محور ۶۶
- شکل ۳-۲ نمایش شتابنگاشت در فضای فرکانسی ۶۸
- شکل ۳-۳ شکل ایده‌آل طیف دامنه فوریه هموار شده، با بسامد گوشه f_c و بسامد قطع f_{max} ۷۱
- شکل ۴-۱ سری زمانی اصلاح نشده مربوط به مولفه‌ی قائم رکورد شماره ۰۱-۲۷۴۹ ثبت شده در ایستگاه آوج، قزوین. ۸۰
- شکل ۴-۲ سری زمانی اصلاح و تصفیه فرکانسی شده مربوط به مولفه‌ی قائم رکورد شماره ۰۱-۲۷۴۹ ثبت شده در ایستگاه آوج، قزوین ۸۱
- شکل ۴-۳ طیف فوریه اصلاح نشده مربوط به مولفه‌ی قائم رکورد شماره ۰۱-۲۷۴۹ ثبت شده در ایستگاه آوج، قزوین ۸۲
- شکل ۴-۴ طیف فوریه اصلاح و تصفیه فرکانسی شده مربوط به مولفه‌ی قائم رکورد شماره ۰۱-۲۷۴۹ ثبت شده در ایستگاه آوج، قزوین ۸۳
- شکل ۴-۵ طیف پاسخ خطی شتاب مربوط به مولفه‌ی اصلاح شده‌ی قائم ثبت شده در ایستگاه آوج در استان قزوین به شماره‌ی ۰۱-۲۷۴۹، به ازای میرایی ۰.۵٪ ۸۴
- شکل ۴-۶ طیف‌های پاسخ همپایه شده با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی دور، خاک نوع اول ۸۵
- شکل ۴-۷ طیف‌های پاسخ همپایه شده با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی نزدیک، خاک نوع اول ۸۶
- شکل ۴-۸ طیف‌های پاسخ همپایه شده با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی دور، خاک نوع دوم ۸۶
- شکل ۴-۹ طیف‌های پاسخ همپایه شده با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی نزدیک، خاک نوع دوم ۸۷
- شکل ۴-۱۰ طیف‌های پاسخ همپایه شده با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی دور، خاک نوع سوم ۸۷

- شکل ۴-۱۱ طیف‌های پاسخ همپایه شده با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی نزدیک، خاک نوع سوم
 ۸۸.....
- شکل ۴-۱۲ طیف‌های پاسخ همپایه شده با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی دور، خاک نوع چهارم ۸۸
 شکل ۴-۱۳ طیف‌های پاسخ همپایه شده با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی نزدیک، خاک نوع چهارم
 ۸۹.....
- شکل ۴-۱۴ مقایسه‌ی طیف‌های بازتاب قائم میانگین حسابی و هندسی با میرایی ۰.۵٪ مربوط به
 حوزه‌ی دور در ساختگاه با خاک نوع اول ۹۰
- شکل ۴-۱۵ مقایسه‌ی طیف‌های بازتاب قائم میانگین حسابی و هندسی با میرایی ۰.۵٪ مربوط به
 حوزه‌ی نزدیک در ساختگاه با خاک نوع اول ۹۱
- شکل ۴-۱۶ مقایسه‌ی طیف‌های بازتاب قائم میانگین حسابی و هندسی با میرایی ۰.۵٪ مربوط به
 حوزه‌ی دور در ساختگاه با خاک نوع دوم ۹۱
- شکل ۴-۱۷ مقایسه‌ی طیف‌های بازتاب قائم میانگین حسابی و هندسی با میرایی ۰.۵٪ مربوط به
 حوزه‌ی نزدیک در ساختگاه با خاک نوع دوم ۹۲
- شکل ۴-۱۸ مقایسه‌ی طیف‌های بازتاب قائم میانگین حسابی و هندسی با میرایی ۰.۵٪ مربوط به
 حوزه‌ی دور در ساختگاه با خاک نوع سوم ۹۲
- شکل ۴-۱۹ مقایسه‌ی طیف‌های بازتاب قائم میانگین حسابی و هندسی با میرایی ۰.۵٪ مربوط به
 حوزه‌ی نزدیک در ساختگاه با خاک نوع سوم ۹۳
- شکل ۴-۲۰ مقایسه‌ی طیف‌های بازتاب قائم میانگین حسابی و هندسی با میرایی ۰.۵٪ مربوط به
 حوزه‌ی دور در ساختگاه با خاک نوع چهارم ۹۳
- شکل ۴-۲۱ مقایسه‌ی طیف‌های بازتاب قائم میانگین حسابی و هندسی با میرایی ۰.۵٪ مربوط به
 حوزه‌ی نزدیک در ساختگاه با خاک نوع چهارم ۹۴
- شکل ۴-۲۲ طیف‌های بازتاب قائم میانگین و میانگین به اضافه‌ی یک انحراف استاندارد با میرایی
 ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی دور در ساختگاه با خاک نوع اول ۹۴

- شکل ۴-۲۳ طیف‌های بازتاب قائم میانگین و میانگین به اضافه‌ی یک انحراف استاندارد با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی نزدیک در ساختگاه با خاک نوع اول..... ۹۵
- شکل ۴-۲۴ طیف‌های بازتاب قائم میانگین و میانگین به اضافه‌ی یک انحراف استاندارد با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی دور در ساختگاه با خاک نوع دوم..... ۹۵
- شکل ۴-۲۵ طیف‌های بازتاب قائم میانگین و میانگین به اضافه‌ی یک انحراف استاندارد با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی نزدیک در ساختگاه با خاک نوع دوک..... ۹۶
- شکل ۴-۲۶ طیف‌های بازتاب قائم میانگین و میانگین به اضافه‌ی یک انحراف استاندارد با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی دور در ساختگاه با خاک نوع سوم..... ۹۶
- شکل ۴-۲۷ طیف‌های بازتاب قائم میانگین و میانگین به اضافه‌ی یک انحراف استاندارد با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی نزدیک در ساختگاه با خاک نوع سوم..... ۹۷
- شکل ۴-۲۸ طیف‌های بازتاب قائم میانگین و میانگین به اضافه‌ی یک انحراف استاندارد با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی دور در ساختگاه با خاک نوع چهارم..... ۹۷
- شکل ۴-۲۹ طیف‌های بازتاب قائم میانگین و میانگین به اضافه‌ی یک انحراف استاندارد با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی نزدیک در ساختگاه با خاک نوع چهارم..... ۹۸
- شکل ۴-۳۰ شکل کلی طیف بازتاب..... ۹۹
- شکل ۴-۳۱ مراحل اصلاح و تسطیح طیف بازتاب..... ۱۰۰
- شکل ۴-۳۲ طیف‌های بازتاب قائم میانگین و میانگین به اضافه‌ی یک انحراف استاندارد هموار با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی دور، خاک نوع اول..... ۱۰۱
- شکل ۴-۳۳ طیف‌های بازتاب قائم میانگین و میانگین به اضافه‌ی یک انحراف استاندارد هموار با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی نزدیک، خاک نوع اول..... ۱۰۱
- شکل ۴-۳۴ طیف‌های بازتاب قائم میانگین و میانگین به اضافه‌ی یک انحراف استاندارد هموار با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی دور، خاک نوع دوم..... ۱۰۲
- شکل ۴-۳۵ طیف‌های بازتاب قائم میانگین و میانگین به اضافه‌ی یک انحراف استاندارد هموار با میرایی ۰.۵٪ مربوط به حوزه‌ی نزدیک، خاک نوع دوم..... ۱۰۲

- شکل ۴-۳۶ طیف‌های بازتاب قائم میانگین و میانگین به اضافه یک انحراف استاندارد هموار با
 میرایی ۵٪ مربوط به حوزه‌ی دور، خاک نوع سوم..... ۱۰۳
- شکل ۴-۳۷ طیف‌های بازتاب قائم میانگین و میانگین به اضافه یک انحراف استاندارد هموار با
 میرایی ۵٪ مربوط به حوزه‌ی نزدیک، خاک نوع سوم..... ۱۰۳
- شکل ۴-۳۸ طیف‌های بازتاب قائم میانگین و میانگین به اضافه یک انحراف استاندارد هموار با
 میرایی ۵٪ مربوط به حوزه‌ی دور، خاک نوع چهارم..... ۱۰۴
- شکل ۴-۳۹ طیف‌های بازتاب قائم میانگین و میانگین به اضافه یک انحراف استاندارد هموار با
 میرایی ۵٪ مربوط به حوزه‌ی نزدیک، خاک نوع چهارم..... ۱۰۴
- شکل ۴-۴۰ مقایسه طیف بازتاب قائم هموار با میرایی ۵٪، حوزه‌ی دور و نزدیک برای خاک نوع
 I..... ۱۰۶
- شکل ۴-۴۱ مقایسه طیف بازتاب قائم هموار با میرایی ۵٪، حوزه‌ی دور و نزدیک برای خاک نوع
 II..... ۱۰۶
- شکل ۴-۴۲ مقایسه طیف بازتاب قائم هموار با میرایی ۵٪، حوزه‌ی دور و نزدیک برای خاک نوع
 III..... ۱۰۷
- شکل ۴-۴۳ مقایسه طیف بازتاب قائم هموار با میرایی ۵٪، حوزه‌ی دور و نزدیک برای خاک نوع
 IV..... ۱۰۷
- شکل ۴-۴۴ مقایسه طیف بازتاب قائم هموار با میرایی ۲٪، حوزه‌ی دور و نزدیک برای خاک نوع
 I..... ۱۰۸
- شکل ۴-۴۵ مقایسه طیف بازتاب قائم هموار با میرایی ۲٪، حوزه‌ی دور و نزدیک برای خاک نوع
 II..... ۱۰۹
- شکل ۴-۴۶ مقایسه طیف بازتاب قائم هموار با میرایی ۲٪، حوزه‌ی دور و نزدیک برای خاک نوع
 III..... ۱۱۰
- شکل ۴-۴۷ مقایسه طیف بازتاب قائم هموار با میرایی ۲٪، حوزه‌ی دور و نزدیک برای خاک نوع
 IV..... ۱۱۰

- شکل ۴-۴۸ مقایسه طیف بازتاب قائم میانگین هموار شده ۰.۵٪ حوزه‌ی نزدیک و دور برای خاک
نوع I با طیف استاندارد ویرایش سوم آیین‌نامه ۲۸۰۰ با اعمال ضریب $\frac{2}{3}$ ۱۱۱
- شکل ۴-۴۹ مقایسه طیف بازتاب قائم میانگین هموار شده ۰.۵٪ حوزه‌ی نزدیک و دور برای خاک
نوع II با طیف استاندارد ویرایش سوم آیین‌نامه ۲۸۰۰ با اعمال ضریب $\frac{2}{3}$ ۱۱۲
- شکل ۴-۵۰ مقایسه طیف بازتاب قائم میانگین هموار شده ۰.۵٪ حوزه‌ی نزدیک و دور برای خاک
نوع III با طیف استاندارد ویرایش سوم آیین‌نامه ۲۸۰۰ با اعمال ضریب $\frac{2}{3}$ ۱۱۲
- شکل ۴-۵۱ مقایسه طیف بازتاب قائم میانگین هموار شده ۰.۵٪ حوزه‌ی نزدیک و دور برای خاک
نوع IV با طیف استاندارد ویرایش سوم آیین‌نامه ۲۸۰۰ با اعمال ضریب $\frac{2}{3}$ ۱۱۳
- شکل ۴-۵۲ مقایسه طیف بازتاب قائم میانگین به اضافه انحراف استاندارد هموار شده با میرایی ۰.۵٪
حوزه‌ی نزدیک و دور برای خاک نوع I با طیف استاندارد ویرایش سوم آیین‌نامه ۲۸۰۰ با اعمال ضریب
 $\frac{2}{3}$ ۱۱۴
- شکل ۴-۵۳ مقایسه طیف بازتاب قائم میانگین به اضافه انحراف استاندارد هموار شده با میرایی ۰.۵٪
حوزه‌ی نزدیک و دور برای خاک نوع II با طیف استاندارد ویرایش سوم آیین‌نامه ۲۸۰۰ با اعمال ضریب
 $\frac{2}{3}$ ۱۱۴
- شکل ۴-۵۴ مقایسه طیف بازتاب قائم میانگین به اضافه انحراف استاندارد هموار شده با میرایی ۰.۵٪
حوزه‌ی نزدیک و دور برای خاک نوع III با طیف استاندارد ویرایش سوم آیین‌نامه ۲۸۰۰ با اعمال ضریب
 $\frac{2}{3}$ ۱۱۵

شکل ۴-۵۵ مقایسه طیف بازتاب قائم میانگین به اضافه انحراف استاندارد هموار شده ۰.۵٪ با میرایی حوزه‌ی نزدیک و دور برای خاک نوع IV با طیف استاندارد ویرایش سوم آییننامه ۲۸۰۰ با اعمال ضریب

۱۱۵..... $\frac{2}{3}$

فهرست جداول

جدول ۲-۷ مقادیر نسبی تقویت طیف	۳۳.....
جدول ۲-۸ مقادیر ضرایب تقویت	۳۴.....
جدول ۲-۹ ضرایب میرایی توصیه شده برای انواع مختلف سازه‌ها، زمین‌ها، شرایط و ترازهای	تنش ۳۶.....
جدول ۲-۱۰ کمیات طیفی برای شتاب زمین واحد	۴۶.....
جدول ۲-۱۱ نمونه‌هایی از زلزله‌های با مولفه‌ی قائم قوی	۵۴.....
جدول ۲-۱۲ رکوردهای نورتریج دارای مولفه‌ی قائم قوی	۵۵.....
جدول ۲-۱۳ رکوردهای کوبه دارای مولفه‌ی قائم قوی	۵۵.....
جدول ۲-۱۴ مقادیر ضرایب برای معادله ۲-۱۹	۵۶.....
جدول ۲-۱۵ مقادیر ضرایب برای معادله ۲-۱۹	۵۶.....
جدول ۲-۱۶ ضرایب نسبت قائم به افقی برای تراز ۸۴/۱٪	۵۶.....
جدول ۲-۱۷ روابط بین شتاب حداکثر زمین قائم و افقی	۵۷.....

چکیده

توسعه‌ی روش‌های مبتنی بر شتاب در طراحی لرزه‌ای سازه‌ها، نیاز به داشتن یک طیف بازتاب شتاب معتبر برای گستره‌ی وسیعی از پیوندهای ارتعاشی سازه‌ها ایجاد کرده است. با توجه به خطر لرزه‌ای بالا در کشور ما و وجود گسل‌های فراوان در نزدیکی بسیاری از شهرهای ایران، احتمال وقوع زلزله‌های حوزه‌ی نزدیک با مولفه قائم، قابل توجه است. تاکنون به علت کمبود اطلاعات و شتابنگاشت‌های ثبت شده در ایران و همچنین مشخص نبودن شرایط زمین در محل ثبت رکورد؛ اقدام موثری در جهت تعیین طیف طراحی قائم در ایران انجام نگرفته است. با افزایش نسبی داده‌های شتابنگاری در سال‌های اخیر، این امکان فراهم گشته است. در این تحقیق، طیف‌های طراحی قائم برای چهار نوع خاک آیین‌نامه ۲۸۰۰ (خاک نوع I، II، III و IV)، در حوزه‌های دور و نزدیک گسل، براساس داده‌های ایران تهیه و جهت مقایسه و بررسی پیشنهاد شده است. به این منظور مؤلفه‌های قائم شتابنگاشت‌های مربوط به ایستگاه‌های مستقر در هر چهار نوع خاک در حوزه‌های دور و نزدیک گسل، تصحیح خط مبنا و به روش باترورث فیلتر، و همچنین همه شتابنگاشت‌ها به حداکثر شتاب زمین مربوط به خودشان مقیاس شده‌اند. برطبق این داده‌ها، از میان حدود ۲۴۰ رکورد، کیفیت ۲۱۲ نگاشت قابل قبول بوده است که با استفاده از آنها طیف‌های پاسخ قائم برای هر شتابنگاشت برای نسبت میرایی ۵٪ رسم شده، و به وسیله‌ی تحلیل آماری بر روی طیف‌های پاسخ خطی شتاب نرمال شده‌ی هر یک از مولفه‌های شتاب و هموار سازی آنها طیف‌های طرح قائم برای هر کدام از ساختگاه‌ها، جهت بررسی و مقایسه با طیف افقی ویرایش سوم آیین‌نامه ۲۸۰۰ با اعمال ضریب $\frac{2}{3}$ ، ارائه شده‌اند.

کلمات کلیدی: مولفه‌ی قائم، طیف طرح، حوزه‌ی نزدیک و حوزه‌ی دور

فصل ۱- مقدمه

۱-۱ پیشگفتار

نوسان‌های زمین در زمین‌لرزه می‌تواند موجب آسیب شدید بناها و تجهیزات داخل آنها شود. شتاب، سرعت و جابجایی زمین (که مجموعاً تکان زمین خوانده می‌شوند)، وقتی که به سازه منتقل می‌شوند، در بیشتر موارد شدت می‌یابند. تکان تقویت شده ممکن است نیروها و جابجایی‌هایی در سازه ایجاد کند که از ظرفیت آن تجاوز نماید. عوامل متعددی بر تکان زمین و تقویت‌های آن، تأثیر گذار هستند. برای حصول یک طراحی ایمن و اقتصادی، درک چگونگی تأثیر این عوامل و شناخت پاسخ سازه و تجهیزات، الزامی است.

مولفه‌های قائم حرکات زمین‌لرزه‌ای در دهه اخیر مورد توجه فراوانی قرار گرفته‌اند. با توجه به خطر لرزه‌ای بالا در کشور ما و وجود گسل‌های فراوان در نزدیکی بسیاری از شهرهای ایران، احتمال وقوع زلزله‌های حوزه‌ی نزدیک با مولفه‌ی قائم، قابل توجه است. آنچنان که این نوع تحریک در زلزله‌هایی مانند بم ۲۰۰۳ و طبرس ۱۹۷۸ به راحتی قابل مشاهده می‌باشد. مشاهدات اخیر نشان دهنده‌ی الگوهای خرابی تحت ارتعاشات شدید قائم است [۱]. از آنجا که مولفه‌ی قائم به ندرت در تجزیه و تحلیل برای اقدامات طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد، به همین دلیل ظرفیت اکثر ساختمان‌ها در مقابل ارتعاشات قائم ناشی از زلزله پایین است. بسیاری از آیین‌نامه‌های پل، مانند آیین‌نامه ایران یا از تأثیرات مولفه قائم صرف‌نظر کرده‌اند و یا استفاده از روش‌هایی مانند ساختن طیف طراحی قائم از طیف افقی با نسبت‌هایی

مانند \ddot{p} را توصیه می‌کنند. این درحالی است که تحقیقات و مطالعات جدید، شدت قابل توجه مولفه‌ی قائم زلزله را در نزدیکی گسل‌ها نشان می‌دهد [۱].

تکان زمین در زمین لرزه، معمولاً به وسیله یک شتابنگار تکان قوی که شتاب زمین را در یک محل خاص ثبت می‌کند، اندازه‌گیری می‌شود. از این نگاشت‌های ثبت شده، پس از آنکه برای رفع خطاهای دستگاهی، اصلاح و برای تعیین محور مبنا میزان شده، و برای بدست آوردن تاریخچه‌های زمانی سرعت و جابجایی، انتگرال گرفته می‌شود. مقادیر ماکزیمم تکان زمین (حداکثر شتاب زمین^۱، حداکثر سرعت زمین^۲ و حداکثر جابجایی زمین^۳) در آنالیز و طراحی لرزه‌ای سازه‌ها دارای اهمیت زیادی هستند. با این حال کمیات مزبور به خودی خود، نشان‌دهنده‌ی شدت تکانی که به سازه یا تجهیزات اعمال می‌شود، نیستند. عوامل دیگری مانند بزرگی زمین لرزه، فاصله از مرکز زلزله یا گسله، مدت تکان قوی، نوع زمین ساختگاه، محتوای فرکانسی و نوع خاک محل به بهترین وجهی به وسیله طیف پاسخ نشان داده می‌شوند.

۲-۱ بیان مساله

طیف‌های طراحی هر منطقه باید بر اساس اطلاعات شتابنگاشت‌های موجود و شرایط لرزه‌شناسی منطقه تعیین و تعریف گردد. تا کنون به علت کمبود اطلاعات و شتابنگاشت‌های ثبت شده در ایران و همچنین مشخص نبودن شرایط زمین در محل ثبت رکورد؛ اقدام موثری در جهت تعیین طیف طراحی قائم در ایران انجام نگرفته است و بسیاری از آیین‌نامه‌های پل مانند آیین‌نامه ایران یا از تاثیرات مولفه‌ی قائم صرف‌نظر کرده‌اند و یا استفاده از روش‌هایی مانند ساختن طیف طراحی قائم از طیف افقی با نسبت‌هایی مانند \ddot{p} را توصیه می‌کنند. با توجه به اینکه ظرفیت اکثر ساختمان‌ها در مقابل ارتعاشات قائم ناشی از زلزله پایین است ضرورت تعیین نیروهایی که بصورت قائم به ساختمان‌ها وارد می‌گردد، احساس می‌شود. استفاده از طیف پاسخ، یکی از روش‌های متداول در تعیین نیروهای وارد بر سازه و تحلیل

^۱ - Peak Ground Acceleration

^۲ - Peak Ground Velocity

^۳ - Displacement Peak Ground

دینامیکی سازه‌ها است. سادگی نسبی و شواهد اثبات شده حاکی از کاربری آن در مورد تحلیل دستگاه‌های پیچیده‌ی کشسانی چند درجه آزادی، به روش ترکیب مودها، بخشی از دلایل اقبال گسترده‌ی این روش است. اکنون با افزایش تعداد شتابنگات‌های ثبت شده در ایران و همچنین با اجرای برخی پروژه‌های تحقیقاتی در راستای تعیین و تشخیص مشخصات زمین محل ایستگاه‌های شتابنگاری کشور، تعیین طیف طراحی ایران با دقت بالاتری امکان‌پذیر گشته است.

۳-۱ هدف پایان نامه

هدف از این پایان نامه اصلاح و بررسی شتابنگاشت‌های قائم زلزله های ایران مربوط به حوزه‌ی دور و نزدیک برای چهار نوع خاک (آیین نامه ۲۸۰۰)، بررسی شیوه‌های تعیین طیف بازتاب زلزله، تعیین و بررسی طیف طراحی الاستیک قائم برای دور و نزدیک گسل چهار نوع ساختگاه و مقایسه‌ی آن با طیف طراحی آئین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم می‌باشد.

۴-۱ روش تحقیق

در این تحقیق سعی شده است با جمع آوری داده‌های شتاب‌نگاری به تعیین بررسی طیف‌های طراحی برای حوزه‌های دور و نزدیک خاک‌های نوع اول تا چهارم (نوع I، II، III و IV) با تحلیل آماری بر روی مجموعه طیف‌های پاسخ پرداخته شود. به این منظور رکوردهای قائم شتابنگاشت‌های ایران ثبت شده توسط مرکز تحقیقات راه مسکن و شهرسازی تا سال ۲۰۱۳ میلادی که این رکوردها همگی دارای مشخصه بزرگای $M_b > 5$ می‌باشند جمع‌آوری شده‌اند. این رکوردها که به کمک روش طیف فوریه و روش‌های تصفیه‌ی فرکانسی و تصحیح خط مبنا مورد اصلاح قرار گرفتند؛ که جزئیات روش‌ها و نتایج حاصل شده در فصل سوم آورده شده است. سپس در گام بعد طیف خطی شتاب پاسخ برای تک‌تک مولفه‌های رکوردهای اصلاح شده رسم گردیده و به کمک روش‌های آماری، استخراج طیف بازتاب میانگین (تراز ۰.۵۰٪) و طیف بازتاب میانگین به علاوه یک انحراف استاندارد (تراز ۰.۸۴٪) و همچنین طیف