به نام خداوند بخشنده و مهربان

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه رازی است.

دانشکده فنی مهندسی
گروه عمران

پایان نامه جهت اخذ درجهٔ کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی عمران گرایش زلزله

عنوان پایان نامه

بررسی اثرات توپوگرافی ساختگاهی در تحلیل پاسخ لرزه‌ای شهر کرمانشاه

استاد راهنما:
دکتر ایمان عشایری
دکتر مهنوش بیگلری

نگارش:
آزاده هخامنش نیا

اسفند ماه ۱۳۹۲

از اساتید محترم، جناب آقای **دکتر ایمان عشایری** و **سرکار خانوم مهنوش بیگلری** که راهنمایی اینجانب را در انجام این پژوهش بر عهده داشته اند، صمیمانه تشکر می کنم.

همچنین از حمایت و توجهات مستمر **پدر و مادرم** سپاسگزارم و سلامتی و سعادت این عزیزان را آرزومندم.

تقدیم به :

پدر و مادر عزیزم

چکیده

ارزیابی مخاطره‌پذیری مناطق پرجمعیت در برابر زلزله همواره یکی از مسائل اساسی در رویارویی با زلزله بوده است. اثر زمین‌شناسی محلی و وضعیت خاک محلی بر شدت حرکت زمین و آسیب زلزله، سال‌های زیادی است که شناخته‌شده است. مصالح لایه سطحی زمین از سنگ بستر تا آبرفت تشکیل شده از ،مصالح درشت دانه و ریز دانه در مقابل امواج لرزه‌زا واکنش‌های متفاوتی دارند. رسوبات نرم عموما بیش از سنگ‌های سخت ، دامنه ارتعاشات را افزایش می‌دهند ، بعلاوه هندسه ساختگاه می‌تواند عامل مهمی در بزرگنمایی و یا کوچک‌نمایی ارتعاشات ناشی از زلزله باشد بنابراین اثرات ساختگاهی می‌تواند تاثیر بسزایی بر کلیه مشخصات مهم حرکت نیرومند زمین از جمله دامنه،محتوی فرکانسی و مدت زمان حرکت نیرومند داشته باشد. امروزه کاملا آشکار است که اثرات ساختگاهی دو بعدی ، پاسخ لرزه ای سطح زمین و توزیع خسارات ناشی از زمین لرزه را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد اما به رغم آشکار شدن اهمیت اثرات ساختگاهی چند بعدی در اغلب آیین نامه‌های طراحی مقاوم در برابر زلزله و تهیه نقشه‌های ریزپهنه بندی لرزه‌ای ،هنوز تنها اثرات ساختگاهی یک بعدی را در پارامترهای حرکت لرزه ای زمین مورد توجه قرار می‌دهند . بر همین اساس در این پژوهش، به بررسی اثرات ساختگاهی دو بعدی در شهر کرمانشاه پرداخته شده است. بدین منظور مطالعاتی در دو بخش مدلسازی در نرم افزار و مطالعات تجربی انجام گردیده است.در قسمت مدلسازی از دو نرم افزار ژئواستودیو و دیپ سویل و در بخش مطالعات تجربی از برداشت خرد لرزه ها استفاده شده است. به منظور تهیه مدل دو بعدی ،مقطعی به طول ۱٤/۵۷ کیلومتر که تقریبا در مسیر مونوریل دردست احداث شهر کرمانشاه قرار دارد انتخاب گردیده وپس از مدلسازی در نرم‌افزار ژئواستودیو، به روش خطی و خطی‌معادل و برای ۱۰ زلزله بم ،کجور فیروزآباد ،زرند ،منجیل ،طبس ،کیپ‌مند ،وایترنروز، کوتیه و تاریخچه زمانی دو ایستگاه از زلزله نورث‌ریج مورد تحلیل قرار گرفته است. همچنین به منظور مقایسه نتایج تحلیل یک بعدی و دو بعدی، سه مدل یک بعدی در نقاط مختلف مقطع مورد مطالعه در همین نرم افزار مدلسازی و برای ده زلزله مذکور مورد تحلیل قرار گرفته است، از این سه نقطه ، پروفیل یک بعدی نقطه میانی ، با استفاده از نرم افزار دیپ سویل و برای دو زلزله کویته و وایتر نروز نیز مورد تحلیل قرار گرفته است. در بخش مطالعات میدانی، برای ده نقطه که موقعیت آنها مطابق با گره‌های ثبت پاسخ در مدل دو بعدی است، برداشت‌های میدانی مبتنی بر اندازه‌گیری خرد لرزه های محیطی انجام گردیده و اطلاعات حاصله با استفاده از نرم‌افزار ژئوپسی و روش نسبت طیف افقی به قائم(H/V)مورد تحلیل قرار گرفته است. در نهایت ، نتایج حاصله از اندازه‌گیری ارتعاشات محیطی با نتایج حاصله از مدلسازی وآخرین مطالعات ریز پهنه‌بندی شهر کرمانشاه مورد مقایسه قرار گرفته است. مقایسه این نتایج نشان دهنده اهمیت انجام تحلیل دو بعدی به منظور درک واقعی‌تر پاسخ ساختگاه در حین وقوع زلزله می‌باشد.

کلمات کلیدی: زلزله، اثرات ساختگاهی، ریزپهنه بندی لرزه‌ای

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- طرح مسئله ۲

۱-۳- ساختار تحقیق حاضر ۳

فصل دوم: مفاهیم ،روش ها ، پیشینه تحقیق

۲-۱- مقدمه ۶

۲-۲- معرفی اثر ساختگاهی ۶

۲-۳- انواع اثرات ساختگاهی ۷

۲-۳-۱- اثر پروفیل خاک ۷

۲-۳-۲- اثر توپوگرافی ۸

۲-۴- روش‌های ارزیابی اثرات ساختگاهی ۹

۲-۴-۱- روش‌های تئوری ۹

۲-۴-۱-۱- تحلیل یک بعدی پاسخ زمین ۱۰

۲-۴-۱-۲- تحلیل دو بعدی پاسخ زمین ۱۰

۲-۴-۱-۳- تحلیل سه بعدی پاسخ زمین ۱۱

۲-۴-۱-۴- روش خطی ۱۲

۲-۴-۱-۵- روش خطی معادل ۱۲

۲-۴-۱-۶- روش غیرخطی ۱۲

۲-۴-۲- روش های مبتنی بر اندازه گیری ارتعاشات محیطی (خرد لرزه ها) ۱۳

۲-۴-۲-۱- معرفی خرد لرزه ها ۱۳

۲-۴-۲-۲- روش های شناسایی لایه‌های زیرسطحی مبتنی بر امواج سطحی(روش‌های چند ایستگاهی) ۱۳

۲-۴-۲-۳- روش H/V(روش تک ایستگاهی) ۱۴

۲-۴-۲-۳-۱- توصیه هایی جهت برداشت اطلاعات به منظور انجام تحلیل H/V ۱۵

۲-۴-۲-۳-۲- رسم منحنی H/V ۱۶

۲-۴-۲-۳-۳- معیارهای اعتبار نتایج H/V : ۱۷

۲-۴-۲-۳-۴- انواع پیک‌های اصلی ۱۸

۲-۵- پیشینه تحقیق ۲۱

فصل سوم: شرح مسئله مورد مطالعه

۳-۱- مقدمه ۲۸
۳-۲-۱- زمین‌شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه ۲۸
۳-۲-۱-۱- پهنه سنندج- سیرجان ۲۸
۳-۲-۱-۲- کمربند چین خورده رانده زاگرس ۳۰
۳-۳- ویژگی‌های لرزه‌خیزی منطقه مورد مطالعه ۳۱
۳-۳-۱- گسل های فعال اصلی ناحیه زاگرس ۳۲
۳-۳-۱-۱-گسل جوان عهد حاضر ۳۳
۳-۳-۱-۲ -گسل جبهه کوهستان زاگرس ۳۴
۳-۳-۱-۳- گسل زاگرس مرتفع ۳۴
۳-۳-۱-۴- گسل معکوس اصلی زاگرس ۳۴
۳-۳-۱-۵- کمربند چین خورده ۳۴
۳-۴- معرفی نرم افزار ۳۵
۳-۴-۱- نرم افزار GeoStudio ۳۶
۳-۴-۲- نرم افزار DeepSoil ۳۸
۳-۴-۳ - نرم افزار Geopsy ۳۹
۳-۵ - مدلسازی عددی ۴۱
۳-۵-۱- مشخصات مدل دو بعدی ۴۱
۳-۵-۱-۱- مدل دو بعدی خطی ۴۱
۳-۵-۱-۲- مدل دو بعدی خطی معادل ۴۴
۳-۵-۱-۲-۱- نمودار های کاهش مدول برشی و میرایی ۴۴
۳-۵-۱-۲- ۲- زلزله‌های مورد استفاده در این پژوهش ۴۹
۳-۵-۲- مشخصات مدل های یک بعدی ۵۰
۳- ۶- مطالعات میدانی ۵۲

فصل چهارم: ارائه و تحلیل نتایج

۴-۱-مقدمه ۵۶
۴-۲-نتایج مدلسازی عددی ۵۶

۴-۲-۱- نتایج مدلسازی دو بعدی درنرم افزار ژئواستودیو ۵۶
۴-۲-۲- مقایسه نتایج حاصل از مدلسازی عددی در ژئواستودیو در حالتهای خطی و خطی معادل و همچنین یک بعدی با دو بعدی ۶۸
۴-۳- نتایج مدلسازی در نرم افزار دیپ سویل و مقاسیه با نتایج ارائه شده در نرم افزاز ژئو استودیو ۹۱
۴-۴- ارائه نتایج برداشت های میدانی ۹۳
۴-۴-۱- بررسی نگاشت های ثبت شده و بررسی آنها با معیار های SESAME ۹۳
۴-۴- مقایسه نتایج بدست آمده از مدلسازی عددی،برداشتهای میدانی وگزارش ریز پهنه بندی شهر کرمانشاه ۹۹

فصل پنجم: نتیجه گیری
۵-۱- نتیجه‌گیری ۱۰۴
۵-۲- پیشتنهادات برای پژوهش‌های فرارو ۱۱۰
منابع: ۱۱۲

فهرست شکل‌ها

شکل **صفحه**

شکل ۳-۱ نقشه زمین شناسی کرمانشاه(سازمان زمین شناسی ایران)..... ۲۹

شکل ۳-۲ ستون چینه شناسی سرتاسر کمربند چین خورده رانده زاگرس..... ۳۰

شکل ۳-۳ نقشه توزیع خاک سطحی در شهر کرمانشاه..... ۳۱

شکل ۳-۴ برش مقطعی عرضی کمربند کوهستانی چین خورده- رانده فعال زاگرس.MRF:گسل جوان عهد حاضر،MMF:گسل جبهه کوهستان،HZF:گسل زاگرس مرتفع..... ۳۲

شکل ۳-۵ نقشه موقعیت مناطق جغرافیایی گسل های اصلی زاگرس.MRF:گسل جوان عهد حاضر،MZT:راندگی اصلی زاگرس،HZ:زاگرس مرتفع، SFB:کمربند چین خورده..... ۳۲

شکل ۳-۶ نقشه لرزه زمین ساخت منطقه ای بدست آمده از تفسیر ریخت ساختاری تصاویر ماهواره ای..... ۳۳

شکل ۳-۷ گسل ها و کانون زلزله های رخ داده در شعاع ۱۵۰ کیلومتری شهر کرمانشاه..... ۳۵

شکل ۳-۸ الف) امتداد مقطع M-M´ ب) پروفیل های سرعت در ۱۸ ایستگاه..... ۴۲

شکل۳-۹ مقطع مدلسازی شده M-M´ وگره های ثبت پاسخ..... ۴۴

شکل ۳-۱۰ ۲۵ تیپ منحنی کاهش مدول برشی محاسبه شده..... ۴۷

شکل۳-۱۱ ۲۵ نمودار نسبت میرایی محاسبه شده..... ۴۸

شکل ۳-۱۲ تاریخچه زمانی زلزله‌های مورد استفاده در این پژوهش..... ۵۰

شکل ۳-۱۳ لرزه نگارکوتاه دوره سه مولفه ای LE-۳D Lite و حسگر سه مولفه ای PDER..... ۵۲

شکل ۳-۱۴ نگاشت ثبت شده در ایستگاه ۷۳۴۱ به همراه جدول مشخصات آن..... ۵۴

شکل ۴-۱ نمودارهای بزرگنمایی دوبعدی برای ده زلزله مورد استفاده در تحلیل معادل خطی..... ۵۸

شکل ۴-۲ نمودارهای شتاب ماکزیمم دو بعدی برای ده زلزله مورد استفاده در تحلیل معادل خطی..... ۶۰

شکل ۴-۳ مقایسه دامنه طیف فوریه برای سه گره سطحی و بستر طی ده زلزله مورد استفاده در تحلیل خطی معادل..... ۶۳

شکل ۴-۴ نمودارهای میانگین نسبت طیف فوریه سطح به بستر برای ده گره پاسخ مدل دو بعدی و برای ده زلزله مورد استفاده در روش معادل خطی..... ۶۷

شکل۴-۵ مقایسه بزرگنمایی در حالت یک بعدی و دو بعدی برای ده زلزله مورد استفاده در روش معادل خطی برای گره ۱۴۸۱ ..... ۷۰

شکل۴-۶ مقایسه بزرگنمایی در حالت یک بعدی و دو بعدی برای ده زلزله مورد استفاده در روش معادل خطی برای گره ۲۵۳۴۹ ..... ۷۲

شکل ۴-۷ مقایسه بزرگنمایی در حالت یک بعدی و دو بعدی برای ده زلزله مورد استفاده در روش معادل خطی برای گره ۳۴۲۴۲ ..... ۷۵

شکل ۴-۸ مقایسه طیف پاسخ و تاریخچه زمانی شتاب برای گره ۱۴۸۱ برای سه حالت یک بعدی،دو بعدی و بستر برای تحلیل خطی معادل ۷۸

شکل ۴-۹ مقایسه طیف پاسخ و تاریخچه زمانی شتاب برای گره ۲۵۳۴۹ برای سه حالت یک بعدی،دو بعدی و بستر برای تحلیل خطی معادل ۸۲

شکل ۴-۱۰ مقایسه طیف پاسخ و تاریخچه زمانی شتاب برای گره ۳۴۲۴۲ برای سه حالت یک بعدی،دو بعدی و بستر برای تحلیل خطی معادل ۸۶

شکل ۴-۱۱ مقایسه بزگنمایی رخ داده در طول مقطع M-M´ برای تحلیل خطی و خطی معادل طی دو زلزله coyote وwhittiernarrows ۸۸

شکل ۴-۱۲ مقایسه میانگین ماکزیمم شتاب رخ داده در طول مقطع M-M´ برای تحلیل خطی و خطی معادل با نتایج ارائه شده در گزارش ریز پهنه بندی شهر کرمانشاه ۹۰

۴-۱۵ نمودارهای H/V قابل قبول در این پژوهش ۹۸

شکل ۴-۱۶ مقایسه .f بدست آمده از روش H/V با مدلسازی عددی و نتایج ارائه شده در گزارش ریز پهنه بندی شهر کرمانشاه ۱۰۰

شکل ۴-۱۷ نمودارهای پراکندگی فرکانس و دامنه، بدست آمده از مدلسازی عددی،H/V و گزارش ریز پهنه بندی شهر کرمانشاه ۱۰۱

فهرست جدول‌ها

جدول **صفحه**

جدول ۲-۱ توصیه‌هایی جهت برداشت اطلاعات ۱۵

جدول۲-۲مقادیر آستانه برای $\sigma_A(f_0)$ و σ_f ۱۸

جدول ۳-۱ زلزله های نزدیک گسل عهد جوان حاضر در طی ۱۰۰ سال اخیر ۳۳

جدول ۳-۲مشخصات لایه های خاکی در مقطع M-M´ ۴۳

جدول۳-۳ مختصات گره‌های ثبت داده ۴۴

جدول ۳-۴ زلزله‌های مورد استفاده در تحلیل خطی معادل ۴۹

جدول ۳-۵ مشخصات مدل یک بعدی در نقطه ۱۴۸۱ ۵۱

جدول ۳-۶ مشخصات مدل یک بعدی در نقطه ۲۵۳۴۹ ۵۱

جدول ۳-۷ مشخصات مدل ساخته شده در گره ۳۴۲۴۲ ۵۱

جدول۳-۸ مشخصات دستگاه لرزه نگار و ثبات مرد استفاده ۵۲

جدول ۳-۹ مشخصات ایستگاه‌های برداشت میکروترمورها و ساعات برداشت ۵۳

جدول ۴-۱ مقایسه مقادیر فرکانس و بیشینه دامنه طیف فوری برای سه گره سطحی و بستر ۶۴

جدول ۴-۲ فرکانس و دامنه مربوط به ماکزیمم های رخ داده برای ده گره سطحی با توجه به نمودارهای میانگین نسبت طیف فوریه سطح به بستر ۶۷

جدول ۴-۳ فرکانس و دامنه مربوط به پیک های مشاهده شده در مدلسازی یک و دو بعدی برای گره ۱۴۸۱ ۷۰

جدول ۴-۴ فرکانس و دامنه مربوط به پیک های مشاهده شده در مدلسازی یک و دو بعدی برای گره ۲۵۳۴۹ ۷۳

جدول ۴-۵ فرکانس و دامنه مربوط به پیک های مشاهده شده در مدلسازی یک و دو بعدی برای گره ۳۴۲۴۲ ۷۵

جدول ۴-۶ مقایسه طیف پاسخ و تاریخچه زمانی شتاب برای گره ۱۴۸۱ برای سه حالت یک بعدی،دو بعدی و بستر برای تحلیل خطی معادل ۷۹

جدول ۴-۷ مقایسه طیف پاسخ و تاریخچه زمانی شتاب برای گره۲۵۳۴۹ برای سه حالت یک بعدی،دو بعدی و بستر برای تحلیل خطی معادل ۸۳

جدول ۴-۸ مقایسه طیف پاسخ و تاریخچه زمانی شتاب برای گره۳۴۲۴۲ برای سه حالت یک بعدی،دو بعدی و بستر برای تحلیل خطی معادل ۸۷

جدول ۴-۹ مقادیر بزرگنمایی نقطه ۲۵۳۴۹ برای تحلیل یک بعدی در نرم افزار های دیپ سویل و دو بعدی در نرم افزار ژئو استودیو در حالت خطی معادل..... ۹۲
جدول ۴-۱۰ بررسی انجام شده روی نگاشتهای تحلیل شده در ژئوپسی مطابق با معیارهایSESAME..... ۹۴
جدول ۴-۱۱ فرکانس غالب بدست آمده در مدلسازی عددی،روش نسبت طیفی مولفه افقی به قائم وگزارش ریزپهنه بندی شهر کرمانشاه..... ۹۹

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

توزیع آسیب‌های مشاهده شده در زلزله‌های مخرب رخ داده در دهه‌های اخیر نظیر زلزله ۱۹۸۵ مکزیک[۱و۲]، ۱۹۸۵ شیلی[۳]، ۱۹۰۵ سان فرانسیسکو[٤]،۱۹۹٦ دینار[۱] [٥] و ۲۰۰۳ ترکیه [٦] ، نشان‌دهنده تاثیر عوارض ساختگاهی بر پاسخ لرزه‌ای سطح زمین بوده است . به طور کلی می‌توان گفت که مشخصات دینامیکی و خواص فیزیکی خاک ، هندسه سطحی و زیر سطحی و ناپیوستگی‌های جانبی زمین شناسی از عوامل مهم و تاثیرگذار بر جنبش نیرومند زمین هستند. به دلیل اهمیت بررسی اثرات ساختگاهی ، مطالعات بسیاری در سرتاسر دنیا در این زمینه انجام شده و همچنان ادامه دارد، مطالعات اولیه در اکثر موارد مبتنی بر تحلیل یک بعدی پاسخ زمین بوده‌اند اما با توجه به اهمیت مطالعات زیر پهنه‌بندی لرزه‌ای و نیاز به افزایش دقت در این مطالعات نیازمند به تحقیق پیرامون اثرات دو و سه بعدی ساختگاهی به منظور بدست آوردن دستورالعملی دقیق و کارآمد که یکی از نیازهای امروز مهندسی زلزله می‌باشد، هستیم. لازم به ذکر است با توجه به لرزه‌خیزی بالای ایران و تنوع ساختگاهی مناطق پرجمعیت، ضرورت انجام طرح‌های پژوهشی و مطالعات جامع در این زمینه ،بیش از پیش احساس می‌شود . هدف از این پژوهش بررسی اثرات ساختگاهی به شکل دو بعدی در شهر کرمانشاه به منظور درک واقعی پاسخ ساختگاه در این ناحیه می‌باشد.

۱-۲- طرح مسئله

زلزله به عنوان پدیده‌ای طبیعی زمانی مخاطره‌آمیز است که جامعه واقع در معرض آن نسبت به آن آسیب پذیر باشد . برای مقابله با مخاطرات زمین‌لرزه در مقیاس منطقه‌ای، نقشه‌های ریزپهنه‌بندی لرزه‌ای تدوین می‌شوند. با توجه به این نقشه‌ها می‌توان نقاط پرخطر را شناسایی کرد تا تمهیدات لازم در هنگام طراحی و احداث بنا و همچنین بهسازی سازه‌های موجود اندیشیده شود. با توجه به تاثیر عوارض ساختگاهی دو بعدی بر پاسخ لرزه‌ای زمین و لحاظ نشدن این موضوع در اکثر آیین نامه‌های طراحی لرزه‌ای و نقشه‌های ریز پهنه‌بندی شهرها، نیازمند به انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه به منظور اصلاح آیین نامه‌های موجود و بهبود روند طراحی با درک حرکات واقعی زمین در حین وقوع زلزله و در نهایت کاهش خطرات لرزه‌ای هستیم.

[۱] Dinar

در این پژوهش با توجه به تنوع ساختگاهی موجود در شهر کرمانشاه، اثرات ساختگاهی دو بعدی مورد بررسی قرار گرفته است.

تبیین و تحلیل عوارض ساختگاهی دو بعدی در شهر کرمانشاه و مشاهده الگوی تقویت و تضعیف امواج لرزه‌ای در مقطع مورد مطالعه در این شهر است. بدین منظور با استفاده از اطلاعات ژئوتکنیکی و بر اساس پروفیل‌های سرعت موج برشی ارائه شده در آخرین مطالعات ریز پهنه‌بندی لرزه ای این شهر، مقطعی به طول تقریبی ۱٤/۵۷ کیلومتر در نرم افزار ژئواستودیو[۱] به شکل دو بعدی مدلسازی گردیده و به روش خطی و خطی‌معادل طی ده زلزله، بم،کجور فیروزآباد، زرند، منجیل، طبس، کیپ مندوسینو[۲]، وایترنروز[۳]،کویته[٤] و دو نگاشت ثبت شده در دو ایستگاه از زلزله نورث‌ریج[۵] مورد تحلیل قرار گرفته است و نتایج مربوطه برای ده گره سطحی استخراج شده‌اند. همچنین به منظور مقایسه نتایج مدلسازی ،با مطالعات تجربی در سطح شهر آزمایش‌های مبتنی بر اندازه‌گیری خرد لرزه های محیطی انجام گردیده و با استفاده از روش H/V فرکانس های غالب و بزرگنمایی هایی رخ داده،استخراج گردیده اند. علاوه بر مدل دو بعدی ، در سه گره مدل‌های یک بعدی در نرم افزار ژئواستودیو تهیه گردیده و برای ده زلزله ذکر شده مورد تحلیل قرار گرفته‌اند، همچنین در یک گره مدل یک بعدی در نرم افزار دیپ سویل[٦] ساخته شده و با استفاده از دو زلزله کویته و وایتر نروز تحلیل شده است. در نهایت تمامی نتایج مدلسازی و اندازه گیری ارتعاشات محیطی با یکدیگر و با آخرین مطالعات ریز پهنه بندی لرزه ای شهر کرمانشاه مورد بحث قرار گرفته است.

۱-۳- ساختار تحقیق حاضر

پس از مقدمه حاضر، فصل دوم به معرفی اثرات ساختگاهی و روش‌های ارزیابی آن اختصاص داده شده است، سپس با توجه به کاربرد خرد لرزه‌ها در این پژوهش به معرفی میکروترمورها[۷] و روش‌های مبتنی بر اندازه گیری ارتعاشات محیطی پرداخته شده و در نهایت مروری بر مطالعات انجام شده در این زمینه در قالب پیشینه تحقیق ارائه گردیده است.در فصل سوم ابتدا منطقه مورد مطالعه از لحاظ زمین‌شناسی و لرزه-خیزی معرفی گردیده، سپس نرم افزارهای مورد استفاده و مشخصات مدل‌های ساخته شده در هر کدام از آنها و در نهایت ایستگاه‌های برداشت خرد لرزه‌ها و دستگاه مورد استفاده در این پژوهش معرفی گردیده-اند.در ادامه فصل چهارم به ارائه نتایج بدست آمده از برداشت‌های میدانی و مدلسازی در نرم‌افزار و بحث

---

[۱] Geostudio
[۲] Cape Mendocino
[۳] Whittier
[٤] Coyote
[۵] Northridge
[٦] Deepsoil
[۷] Microtremor

پیرامون آنها اختصاص داده شده است ودر فصل پنجم جمع بندی و نتیجه گیری کلی از انجام پژوهش حاضر ارائه شده است .

فصل دوم

مفاهیم ،روش ها ، پیشینه تحقیق

۲-۱- مقدمه

تجربه‌های بدست‌آمده از زلزله‌های پیشین همواره تاثیر شرایط محلی ساختگاه را بر جنبش نیرومند زمین مشخص می‌کند. از جمله زلزله‌های مخربی که تأثیر شرایط محلی ساختگاه در آنها به وضوح مشاهده می‌شود می‌توان زلزله‌های ۱۹۸۵ مکزیک [۱و ۲] ، ۱۹۸۹ لوماپریتا[۱] [۷]،۱۹۹۲ ارزینکن[۲] [۸]، ۱۹۹۵ کوبه[۳] ژاپن [۹] ،۱۹۹۶ دینار [۵] و ۱۹۹۹ کوکایلی [۴] [۱۰] را نام برد.

اهمیت بررسی اثرات ساختگاهی باعث جلب نظر بسیاری از محققین و انجام فعالیت‌هایی در این زمینه شد که نتیجه این فعالیت‌ها ارائه دسته‌بندی‌ها و روش‌هایی برای ارزیابی این اثر می‌باشد. مطالعات نشان می‌دهد که در بررسی اثر ساختگاه، پارامترهای زیادی موثرند که برخی از آنها پارامترهای ذاتی خاک هستند و تعیین کننده رفتار دینامیکی و خواص خاک، برخی دیگر وابسته به مشخصات موج ورودی و برخی وابسته به هندسه سطحی و لایه‌های زیر سطحی هستند. در این فصل ابتدا به معرفی اثرات ساختگاهی و روش‌های ارزیابی آن پرداخته شده سپس، مطالبی در مورد خردلرزه‌ها و روش‌های مبتنی بر اندازه‌گیری ارتعاشات محیطی بیان گردیده است و در نهایت تاریخچه‌ای از مطالعات انجام شده ارائه گردیده است.

۲-۲- معرفی اثر ساختگاهی

به طور کلی اثرات ساختگاهی عبارت از تغییرات ایجاد شده در ویژگی‌های حرکت نیرومند زمین شامل دامنه، محتوای فرکانسی و مدت دوام . میزان تأثیر هر یک از این عوامل بستگی به هندسه و مشخصات لایه‌های زیرسطحی ، توپوگرافی و مشخصات حرکت ورودی دارد. برای نشان دادن اثرات ساختگاهی روش‌های مختلفی وجود دارد که به طور ساده می‌توان به تحلیل تئوری پاسخ زمین ، اندازه‌گیری حرکات واقعی سطح زمین و زیر سطح زمین در همان سایت و مقایسه حرکات سطحی در سایت‌هایی با مشخصات لایه‌های زیر سطحی مختلف اشاره نمود [۱۱].

به طور کلی نگاشت ثبت شده در سطح زمین همواره شامل اطلاعاتی درباره

منبع انرژی،

---

[۱] Lomaperieta
[۲] Erzincan
[۳] Kobe
[۴] Kocaeli

مسیر انتشار موج،
اثر ساختگاه بر روی موج ورودی می باشد.
زلزله پدیده‌ای است که مکانیزم وقوع آن هنوز به درستی شناخته نشده است، اما تحقیقات نشان می‌دهد که عواملی مانند آتشفشان‌ها،گسلش، حرکات صفحات تکتونیکی و ... به عنوان چشمه لرزه‌زا عمل کرده و هنگام وقوع زلزله در اثر هر یک از این عوامل، میزان قابل توجهی انرژی آزاد می‌گردد. عواملی مانند طول و عمق گسل، نوع گسل، سن گسل، افت تنش بین دیواره‌های گسل، جهت انتشار شکست، سرعت پیشروی شکست، گستره کلی گسل، جهت انتشار گسل و ... بر محتوای فرکانسی و تداوم ارتعاشات زمین‌لرزه تأثیر گذاشته و مولفه‌های بیشینه شتاب، سرعت و جابجایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۲] .
اثر مسیر زلزله همانند اثر ساختگاه می‌باشد با این تفاوت که اثر مسیر در مقیاس بزرگ از چند ده کیلومتر تا چند صد کیلومتر و در اعماق پایین‌تر پوسته زمین مورد بررسی قرار می‌گیرد و اثر مسیر عمدتا بر زاویه تابش موج به نقطه مشاهده در سطح زمین (پراش، شکست، همگرا شدن انعکاس) اثر گذار است، چنانچه مسیر طی شده بسیار پیچیده باشد اثر آن بر محتوی فرکانسی نیز قابل مشاهده است [۱۲] .

۲-۳- انواع اثرات ساختگاهی

اثرات ساختگاهی را می توان به دو دسته کلی زیر تقسیم بندی نمود

- اثر پروفیل خاک
- اثر توپوگرافی

۲-۳-۱- اثر پروفیل خاک

اثر پروفیل خاک باعث می‌شود نگاشتی که در روی سنگ بستر ثبت می‌شود با نگاشت ثبت شده در روی سطح زمین تفاوت داشته باشد، که این مساله ناشی از این است که امواج زلزله در هنگام عبور از لایه های آبرفتی به سطح زمین تحت اثر خصوصیات دینامیکی آبرفت در فرکانسهای خاصی تقویت و یا تضعیف می‌شوند و در صورت برابری این فرکانس با فرکانس طبیعی سازه پدیده تشدید در سازه اتفاق خواهد افتاد.
علت اصلی وقوع پدیده بزرگنمایی در لایه‌های ضعیف سطحی و رسوبات نرم را می توان از طریق دو نقطه نظر تئوری و فیزیکی توجیه نمود[۱۳].

- نقطه نظر تئوری:

از نظر تئوری پدیده تشدید حرکات زمین در لایه‌های ضعیف سطحی قابل اثبات است. معمولا دانسیته و سرعت موج برشی از عمق بطرف سطح زمین کاهش می‌یابد . با ناچیز فرض نمودن میرایی مصالح و میرایی