بسم الله الرحمن الرحيم

F٩٥٠٧

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

۱۳۸۲ /۱/ ۳۰

دانشگاه تهران

دانشکده فنی

بررسی اثر توپوگرافی دره های آبرفتی بر روی بزرگنمایی حرکات لرزه ای زمین

نگارش

مهدی کریمی جعفری

استادان راهنما

دکتر بهروز گتمیری و دکتر محسن کمالیان

پایان نامه برای دریافت کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی عمران
گرایش مکانیک خاک و پی

۱۳۸۲ /۱/ ۳۰

بهمن ۱۳۸۱

دانشگاه تهران دانشکده فنی گروه مهندسی عمران

۴۵۵۰۷

صفحه تصویب پایان‌نامه کارشناسی ارشد

موضوع:

بررسی تاثیر توپوگرافی دره‌های آبرفتی بر روی بزرگنمایی حرکات لرزه‌ای زمین

توسط:

مهدی کرمی جعفری

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

رشته: مهندسی عمران گرایش: زلزله خاک و پی

از این پایان‌نامه در تاریخ ۶/۱۲/۱۳۸۱ در مقابل هیئت داوران دفاع بعمل آمد و مورد تصویب قرار گرفت.

محل امضاء

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده:

مدیر گروه آموزشی:

استاد راهنما: بهروز گتمیری

استاد مشاور:

داور مدعو:

داور داخلی:

چکیده

امروزه ضرورت روی آوردن به تحلیلهای عددی چند بعدی جهت برآورد پاسخ لرزه ای ساختگاههای دارای عوارض توپوگرافیک، کاملاً آشکار گردیده است. اهمیت این رویکرد و رجحان آن بر روشهای یک بعدی، خصوصاً به هنگام مواجهه با دره های آبرفتی غیرخطی و اشباع، مضاعف می باشد.

روش عناصر مرزی *(BEM)* در حل مسائل انتشار امواج در محیط های خطی نامحدود کارآیی فراوانی دارد. از آنجایی که این روش شرط مرزی تشعشع را در بی نهایت به طور ذاتی ارضا می کند، نیازی به مش بندی حوزه دور نمی باشد. از طرفی روش اجزاء محدود *(FEM)* نیز در مدلسازی نواحی بسته، اشباع، غیرخطی و غیرهمگن کارنامه موفقی دارد. بنابراین طبیعی است که با ترکیب دو روش، می‌توان از توانمندی هر دو بهره مند گردید.

در این پایان نامه الگوریتمی جهت تحلیل لرزه ای دره های آبرفتی دو بعدی اشباع ارتجاعی خمیری در فضای زمان با استفاده از ترکیب دو روش عناصر مرزی و اجزاء محدود، ارائه شده است. آبرفت داخل دره با استفاده از روش اجزاء محدود و محیط پیرامون آن با استفاده از روش عناصر مرزی مدل شده اند. در بخش عناصر مرزی از جوابهای اساسی الاستودینامیکی که توسط اسرائیل و بانرجی (۱۹۹۰) و گتمیری و کمالیان (۲۰۰۲) به ترتیب ارائه و اصلاح گردیدند، استفاده شده است. بخش اجزاء محدود براساس فرمول بندی کوپله $u\text{-}p$ و همچنین مدل رفتاری ارتجاعی خمیری غیرهمسان پروو (۱۹۸۵) تنظیم شده است.

در ادامه پایان نامه و در قالب یک مطالعه پارامتریک پاسخ لرزه ای دره های آبرفتی اشباع که مقطع سینوسی شکل دارند، در حالت دو بعدی مورد بررسی قرار گرفته است. امواج حجمی P و SV به شکل ریکر *(Ricker)* بطور قائم به دره تابیده شده اند. نتایج بدست آمده دقت و کارایی روش عددی ارائه شده را نشان می دهند.

فهرست مطالب

فصل ۱- مقدمه..... ۷

فصل ۲- مفاهیم و کلیات..... ۱۲

۲-۱- زمینلرزه وپارامترهای آن..... ۱۲

۲-۲- اثرات ساختگاهی..... ۱۳

۲-۳- انتشار امواج در محیط های همسان وارتجاعی خطی..... ۱۵

۲-٤- علل تقویت موجهای لرزه ای..... ۲۰

۲-٤-۱- اثر سطحی..... ۲۰

۲-٤-۲- اثر کانونی شدن..... ۲۱

۲-٤-۳- اثر گهواره ای..... ۲٤

۲-٤-٤- اثر عبور وپراکنش موج..... ۲۵

۲-۵- روشهای تحلیلی برآورد اثرات ساختگاهی..... ۲٦

۲-٦- روشهای عددی برآورد اثرات ساختگاهی دو بعدی (توپوگرافی)..... ۳٤

۲-٦-۱- روش فوریه (شبه طیفی)..... ۳٤

۲-٦-۲- روش تفاضل محدود..... ۳۸

۲-٦-۳- ترکیب روش احزاء محدود و مدل ذره ای..... ٤٤

۲-٦-٤- روش آکی-لارنر..... ٤۷

۲-٦-۵- روش معکوس تعمیم یافته..... ٤۹

۲-٦-٦- روش عناصر مرزی با عدد موج مجزا..... ۵۳

۲-٦-۷- روش عناصر مرزی غیرمستقیم..... ۵٦

۲-٦-۸- روش عناصر مرزی مستقیم..... ۵۹

۲-٦-۹- ترکیب روش عناصر مرزی غیرمستقیم و اجزاء محدود..... ۷۰

۲-٦-۱۰- ترکیب روش عناصر مرزی مستقیم واجزاء محدود در فضای فرکانس..... ۷۲
۲-٦-۱۱- ترکیب روش عناصر مرزی مستقیم واجزاء محدود در فضای زمان..... ۷۵
فصل ۳- الگوریتم روش هیبرید (*FEM/BEM*)..... ۷۹
۳-۱- بررسی معادلات دیفرانسیل حاکم..... ۷۹
۳-۱-۱- مقدمه..... ۷۹
۳-۱-۲- مروری بر ادبیات فنی..... ۷۹
۳-۱-۳- معادلات دیفرانسیل حاکم برتعادل دینامیکی کامل..... ۸۱
۳-۱-٤- معادلات دیفرانسیل حاکم در فرمولبندی *u-p* (سرعت متوسط)..... ۸٤
۳-۲- فرمولبندی اجزاء محدود مساله..... ۸۸
۳-۲-۱- فرمولبندی اجزاء محدود مساله در حالت خطی..... ۸۸
۳-۲-۲- فرمولبندی اجزاء محدود مساله در حالت غیر خطی..... ۹۲
۳-۳- فرمولبندی اجزاء مرزی ناحیه خشک..... ۹۸
۳-۳-۱- مقدمه..... ۹۸
۳-۳-۲- معادله انتگرالی ناحیه خشک..... ۹۸
۳-۳-۳- معادله انتگرالی متناسب با روش اجزاء مرزی..... ۱۰۰
۳-۳-٤- بازنویسی ماتریسی معادلات انتگرالی حاکم..... ۱۰۲
۳-٤- ترکیب معادلات حاکم..... ۱۱۰
۳-٤-۱- مقدمه..... ۱۱۰
۳-٤-۲- فرم نهایی معادلات ماتریسی حاکم بر نواحی سه گانه..... ۱۱۱
۳-٤-۳- شرایط مرزی وسازگاری مساله..... ۱۱۵
۳-٤-٤- ترکیب معادلات حاکم بر نواحی سه گانه..... ۱۱٦
فصل ٤- معرفی نرم افزار هیبرید *Hybrid*..... ۱۱۸

٤-١- ساختار برنامه..... ١١٨

٤-٢- مثالهای عددی..... ١٢٥

فصل ٥- مطالعه پارامتریک اثر توپوگرافی دره آبرفتی برروی بزرگنمایی حرکات لرزه ای..... ١٣٠

٥-١- تشدید دو بعدی..... ١٣١

٥-٢- طیفهای پاسخ شتاب..... ١٦٣

٥-٣- تاثیر شرایط اشباع بر روی بزرگنمایی..... ١٦٨

فصل ٦- نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات..... ١٧٤

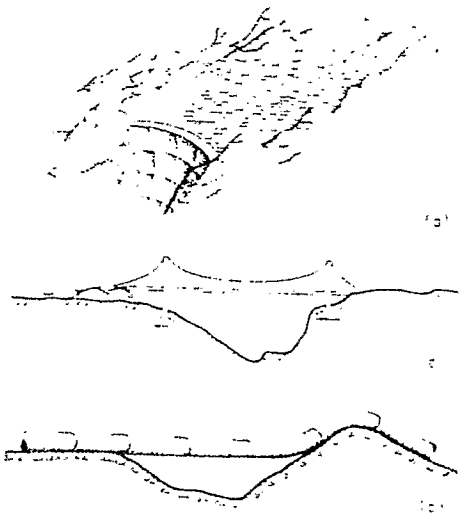
فصل اول- مقدمه

سطح زمین تحت تأثیر پدیده های گوناگونی تغییر شکل یافته است. از جمله مهمترین اینها دو پدیده برخورد شهاب سنگهای عظیم با زمین در گذشته و تکتونیک صفحه ای را می توان نام برد. فرسایش نیز با شکل دادن به کوههایی که حاصل چین خوردگی یا فورانهای آتشفشانی هستند و یا با کندن دره ها و تشکیل رسوبات به این تغییرات کمک می کند. این مسایل موضوع دانش نوین زمین شناسی سطحی *(Surficial geology)* می باشند. درواقع، شرایط محلی یک ساختگاه که شامل توپوگرافی و زمین شناسی آن می شود می تواند باعث بزرگنمایی حرکات شدید زمین در حین یک زمینلرزه گردد.

عمدتاً این عقیده پذیرفته شده بود که سازه های ساخته شده بر روی سنگ سخت در مقایسه با آنهایی که بر روی مواد تحکیم نیافته و سست بنا می شوند کمتر دچار خسارات ناشی از جنبش‌های زمین می شوند. به همین دلیل ساختگاههای سنگی انتخاب خوبی برای ساخت تأسیسات، نیروگاهها، برجها و سیستم های ارتباطی بشمار می رفت. از دیدگاه ریختزمین شناسی رخنمونهای سنگی بیشتر در ارتفاعات قرار دارند و این بدان معنا است که برای انتخاب یک ساختگاه سنگی اکثراً آن را در ارتفاعات می توان جست در حالیکه تجربیات جدید نشان داده است یک ساختگاه سنگ سخت در کوهستان، نسبت به یک ساختگاه آبرفتی در دره نمی تواند ضریب خطرپذیری زمینلرزه را بهبود بخشد بلکه ممکن است آن را افزایش دهد.

اثرات ساختگاهی دو بعدی زمانی قابل ملاحظه خواهند بود که ابعاد بی نظمی توپوگرافی (دره یا کوه) در حدود طول موج لرزه قرار داشته باشد (بوچن ۱۹۷۳). از آنجائیکه یک زمین لرزه نیرومند در مهندسی زلزله دارای محدوده فرکانسی ۰/۱ تا ۲۰ هرتز می باشد و از طرفی چون سرعت موجهای لرزه ای در سطح زمین بین ۰/۱ تا ۳ کیلومتر بر ثانیه قرار می گیرد، پستی و بلندی هایی که اندازه شان از ده ها متر تا ده ها کیلومتر باشد عمدتاً متأثر از شرایط ساختگاهی دوبعدی رفتار خواهند کرد. پس در یک تحلیل خاص از خطرپذیری نیاز است که وسعت منطقه ، شکل توپوگرافی و طول موجهای زمینلرزه کاملاً مشخص باشد.

در بسیاری از موارد استفاده از مدلهای ساده یک بعدی برای بررسی بزرگنمایی حرکات زمین کفایت می کند اما در صورت وجود بی نظمی های توپوگرافی مسأله باید در شرایط دو یا سه بعدی مدلسازی گردد. این اثرات ساختگاهی در تحلیل ریسک، مطالعات ریز پهنه بندی *(microzonation)* و طراحی لرزه ای تأسیسات مهم از اهمیت بسیاری برخوردارند. به ویژه این بی‌نظمی های محلی می‌تواند در محاسبه پاسخ لرزه ای سازه های طویل نشان داده شده در شکل شماره (۱-۱) مانند سدها، پل ها و خطوط لوله تعیین کننده باشد . (سانشز – سزما، ۱۹۸۷).



شکل شماره (۱-۱) – سازه های طویل در ساختگاه های نامنظم: *(a)* سد، *(b)* پل و *(c)* خط لوله

با بررسی اثرات ساختگاهی مشاهده شده در زمینلرزه های نیرومند و نتایج محاسباتی به موارد زیر می توان اشاره کرد (آکی، ۱۹۸۸):

– ضریب بزرگنمایی از یک ناحیه به ناحیه دیگر برای امواج با فرکانس بین ۱ تا ۱۰ هرتز تا ده برابر می تواند تغییر کند در حالیکه خطای استاندارد *(S.E.)* در تعیین ضریب بزرگنمایی ناشی از تغییرات امواج مهاجم در حدود ۲ می باشد. در نتیجه تهیه نقشه های ریز پهنه بندی معنادار حداقل در بازه فرکانسی ۱ تا ۱۰ هرتز کاملاً توجیه می شود.

- با توجه به انطباق خوب مشاهدات و نتایج تئوری، اثرات ساختگاهی را در بسیاری از شرایط واقعی با دانستن جنبش ورودی ، سرعت انتشار، چگالی خاک، ضریب میرایی مادی و نیمرخ سطح زمین (توپوگرافی سطحی) می توان پیش بینی کرد.

- از آنجایی که پیش بینی تئوری مستلزم مدلسازی و تحلیل های کامپیوتری زمان بر و پرهزینه می باشد، معقول ترین روش ایجاد همبستگی میان ضرایب بزرگنمایی مشاهداتی و پارامترهای ژئوتکنیکی ساختگاه های مزبور است. به عبارت دیگر استفاده از روابط تجربی آسانترین و سریعترین راه برای برآورد اثرات ساختگاهی به حساب می آید.

- بجز مورد روانگرایی و سایر مکانیزمهای گسیختگی خاک، بسیاری از مشاهدات نشان داده اند که بزرگنمایی در جنبش های ضعیف و قوی در محدوده رفتار خطی خاک اتفاق می افتد.

بعد از مطالعات آکی، داده های مربوط به لرزشهای سواحل اقیانوس آرام در سالهای ۱۹۸۸ و ۱۹۸۹ که در دره مکزیکو ثبت شده بود، موجب جرح و تعدیل نتایج پیشین گشت. بعنوان مثال دامنه حرکت در ساختگاههای سنگی مختلف در دره مکزیکو بر اثر زلزله $Ms=7.0$ ریشتر با ضریبی بزرگتر از ۳ تغییر می کرد. این موضوع به افزایش خطای استاندارد در تعیین منحنی های بزرگنمایی طیفی برای مناطق پوشیده از رس نرم در همین نواحی منجر شد. نتیجه این امر این بود که بی‌نظمی های محلی (توپوگرافی) به خصوص در زلزله های نیرومند بعنوان تنها عامل تغییرات گسترده در دامنه حرکت بر روی سنگ ، مطالعات ریز پهنه بندی را ناکارآمد می ساخت.

به علاوه در خاکهای سست و اشباع تشابه میان بزرگنمایی حرکات ضعیف با حرکات نیرومند که بخوبی با مشاهدات مربوط به ساختگاههای سنگی یا خاکی متراکم تأیید شده بود با زمینلرزه لوما پریتا ۱۹۸۹ مورد تردید قرار گرفت. این امر ناشی از رفتار غیرخطی خاکهای کم تراکم در حرکات نیرومند گزارش گردید.

در برآورد اثرات ساختگاهی به روشهای تئوری مشکل اصلی در اختیار نداشتن اطلاعات لازم و کافی راجع به مشخصات ژئوتکنیکی خاک و لرزه ورودی نیست بلکه در اکثر مواقع طراح از عهده

محاسبات پیچیده و طولانی برای مدلسازی دو بعدی (و نه حتی سه بعدی) مسأله برنمی آید و این نه تنها بخاطر هزینه های محاسبات نیست بلکه به خاطر عدم دسترسی به نرم افزارهای مناسبی است که معمولاً جز در مقاصد تحقیقاتی قابل استفاده نیستند.

اثرات ساختگاهی را کلاً به دو دسته می توان تقسیم کرد: اثرات رسوبات محلی و اثرات توپوگرافی. تجربیات گذشته نشان داده است که نامنظمی های توپوگرافی (خواه برآمدگی کوهها و خواه فرورفتگی دره ها) تغییرات زیادی را در جنبش نیرومند زمین در طی زمینلرزه ایجاد کرده‌اند. این تغییرات در مواردی حتی از تقویتهای عادی که توسط لایه های غیرتحکیم یافته سطحی ایجاد می شوند نیز بزرگتر بوده اند. به نظر می رسد که این اثرات عمدتاً توسط پدیده های کانونی شدن *(focusing)* و پراکنش انرژی *(Scattering)* موجهای لرزه ای ایجاد می شوند. چنین اختلافهای بزرگ در جنبش یک ناحیه نسبت به دیگری می تواند در پاسخ تأسیسات مهم مانند سدها، پل ها و ساختمانها تغییراتی را به همراه آورد.

مسأله پراکنش موجهای لرزه ای در یک نامنظمی توپوگرافی در گذشته توسط بسیاری از مؤلفین با استفاده از روشهای مختلف شامل مطالعات صحرایی (دیویس و وست ، ۱۹۷۳) و (گریفیت و بولینگر، ۱۹۷۹)، مطالعات مدلی (راجرز، کاتز و بنیت، ۱۹۷٤) و بررسی‌های نظری متمرکز بر حل های عددی (هادسون، ۱۹۷۲) مورد بررسی قرار گرفت.

اثرات توپوگرافی بر مشخصه های محلی به صورت یک مسأله دوبعدی مورد بررسی قرار می گیرد و روشهای عددی و تحلیلی براساس فرضیه فوق بنا شده اند. اولین و ساده ترین مسأله که بصورت گسترده تحلیل شده است، پراکنش ارتجاعی دوبعدی موجهای *SH* است. روشهای متفاوت تحلیل از این قرار بوده اند:

- تقویت صوتی (سینگ و سابینا، ۱۹۷۸)
- تفاوت محدود (بور و همکاران ، ۱۹۸۱)
- اجزای محدود (اسمیت ، ۱۹۷۵)

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

- معادلات انتگرال (سیلز ، ۱۹۷۸)
- عناصر مرزی (سانشز – سزما و همکاران ، ۱۹۸۲)
- تحلیل صریح بویژه در مورد دره های نیم بیضی و نیم دایره ای یا نیم فضای همسانگرد و همگن (تریفوناک، ۱۹۷۳ و وانگ و تریفوناک ۱۹۷٤)

همه این روشها پاسخ یک توده سخت دو بعدی در سطح یک نیم فضای همگن را در برابر تابش موجهای صفحه ای در نظر می گیرند. پیشرفت روشهای تحلیلی در مورد مسایل انتشار موج درون صفحه ای مورد کاملاً تازه ای است. بوچن ۱۹۷۳ اولین شخصی بود که اثرات موجهای درون صفحه ای را بر برآمدگی ها و فرورفتگی ها با نیم فضای ارتجاعی همگن و همسان تحلیل کرد. روش تحلیل او براساس یک سری شکل نامنظم بود. مطالعات وی نشان داد که توپوگرافی بطور محلی مسؤول تقویت شدید و یا تضعیف جنبشهای سطحی (زمانی که طول در مرتبه ای از ابعاد بیهنجاری باشد) می باشد. بعد از پیشرفت روش اجزای محدود مشخص گردید که این روش امکان توصیف جزئیات توپوگرافی محل، لایه بندی و نیز مشخصات دقیق خواص غیرخطی و پراکندگی مواد محیط پیوسته را دارد. اما تا چند سال اخیر بزرگترین مشکل، ابعاد محدود مدل محاسبه ای بوده است زیرا بازتابهای مصنوعی، در مرزهای شبکه المانبندی صورت می گیرد. از این رو فاصله زمانی مورد اعتبار کاهش می یابد، گسترش موثر مرزهای جاذب یا عبوری اکنون این محدودیت را از میان برده است. نتیجتاً در حال حاضر تحلیل تاریخچه ای انتشار موجهای درون صفحه ای و برون صفحه‌ای امکان پذیر شده است.

فصل دوم - مفاهیم و کلیات

۲-۱ - زمینلرزه و پارامترهای آن

حرکت لرزه ای زمین معمولاً بوسیله ابزارهایی که شتاب زمین را ثبت می کند (شتاب نگار) اندازه گیری می شود. از شتاب نگاشتهای ثبت شده پس از اصلاح خطاهای دستگاه، انتگرال گرفته می شود تا تاریخچه زمانی سرعت و جابجایی بدست آید. مقادیر ماکزیمم حرکت زمین (پیک شتاب، پیک سرعت و پیک جابجایی) در تحلیل و طراحی های لرزه ای مورد توجه قرار دارند. با این وجود این پارامترها به تنهایی هیچ توضیحی از شدت تکانهای وارده به ساختمانها و تأسیسات بدست نمی دهند. کمیتهای دیگری مانند بزرگای زمینلرزه، فاصله از گسل یا مرکز زمینلرزه ، تداوم لرزش، شرایط محلی ساختگاه و محتوای فرکانسی زمینلرزه نیز بر پاسخ یک سازه به لرزه تأثیر گذارند. برخی از این پارامترها مانند دامنه حرکت، محتوای فرکانسی و شرایط محلی ساختگاه از روی منحنی طیف پاسخ قابل فهم هستند. طیف پاسخ بیانگر بیشینه پاسخ یک سیستم یک درجه آزادی *(SDOF)* با فرکانسهای مختلف و میرایی مشخص به حرکت لرزه ای زمین می باشد.

حرکت زمین درمهندسی زلزله با سه پارامتر بطور عمده مشخص می شود:

۱. پیک حرکت که شامل بیشتر مقادیر شتاب، سرعت و جابجایی می شود. این پارامترها معمولاً برای متناسب ساختن طیف پاسخ با لرزه خیزی یک ساختگاه بطور گسترده بکار می رود.

۲. تداوم حرکت که فاصله زمانی میان آغاز و پایان یک زمینلرزه را بیان می کند. هرچه پریود حرکت افزایش یابد معمولاً مدت تداوم آن نیز بیشتر می شود.

۳. محتوای فرکانسی که با انتقال دادن حرکت از فضای زمان به فضای فرکانس بوسیله تبدیل فوریه، قابل درک است. تبدیل فوریه $F(\omega)$ یک شتاب نگاشت $a(t)$ از رابطه زیر بدست می آید:

$$F(\omega)=\int_0^T\left(a(t).e^{-i\omega t}\right)dt \quad ، \quad i=\sqrt{-1} \qquad (۱-۱-۲)$$

که در آن T تداوم شتاب نگاشت می باشد.

طیف فوریه دامنه $FS(\omega)$ بصورت جذر مجموع مربعات بخشهای حقیقی و موهومی $F(\omega)$ تعریف می شود:

$$FS(\omega) = \sqrt{\left[\int_0^T a(t).\sin(\omega.t)dt\right]^2 + \left[\int_0^T a(t).\cos(\omega.t)dt\right]^2} \qquad (۲-۱-۲)$$

فوریه در سال ۱۸۰۱ قضیه ای را ثابت نمود که بر طبق آن هر موج نامشخص و پیچیده را می‌توان به صورت ترکیبی از امواج هارمونیک با فرکانسهای مختلف بیان نمود. بر اساس این واقعیت طیف فوریه دامنه علاوه بر نمایش محتوای فرکانسی هر لرزه دامنه نظیر هر فرکانس را نیز نشان می دهد. طبق تعریف فرکانس نظیر دامنه حد اکثر را فرکانس غالب یک موج می نامند.

۲-۲- اثرات ساختگاهی

اثرات ساختگاهی که در ابتدا تنها به صورت تأثیر خاک محل بر پاسخ سازه ها به حرکات لرزه‌ای شناخته شده بود به تدریج نقش مهم و تعیین کننده‌ای را در میزان خسارات وارده از زمینلرزه پیدا نمود . خاک و سنگ موجود در ساختگاه هر یک مشخصات خاص خود را داشته و می‌توانند لرزه وارد شده به ساختگاه را در مقایسه با منبع زمینلرزه تقویت یا تضعیف نمایند. اهمیت اثرات ساختگاهی بطور عمده در سال های ۱۹۶۰ در زمینلرزه ونزوئلا با خسارات وارده بر تعداد زیادی از ساختمانها در کاراکاس شناخته شد.

موضوع از این قرار بود که در تعداد زیادی ساختمان هم ارتفاع و مشابه به لحاظ سازه ای، آنهایی که بر روی نهشته های نرم بنا شده بودند نسبت به آنهایی که بر روی سنگ احداث شده بودند خسارات به مراتب بیشتری وارد گشته بود. این مشاهدات پس از زمینلرزه ۱۹۸۵ مکزیکو سیتی بیشتر مورد توجه قرار گرفتند. شهر مکزیکوسیتی بر روی دره ای از نهشته های نرم بفاصله چندین صد کیلومتر دورتر از گسل فعال واقع شده بود در حالی که خسارات وارده به مناطق نزدیکتر به گسل کمتر گزارش شده

بـود.ایـن مشـاهدات بـه ایـن نتیجه‌گیری منجر شد که وجود لایه‌های عمیق نرم آبرفتی پریودهای بزرگتر زمین لرزه را تقویت نموده و سازه های با ارتفاع زیاد را شدیداً متأثر می کند.

بـا ملاحظه نقشه های شدت زمینلرزه در نواحی مختلف می توان دریافت که کانتورهای شدت بسیار زیـاد عمدتـاً بـر روی دره هـا و حوضچه های انباشته از رسوبات آبرفتی قرار دارند. علاوه بر این جمعیت قابل توجهی نیز در این مناطق که مناسب توسعه شهر سازی بوده اند متمرکز گشته اند. این عوامل موجب گردید که لرزه شناسان و مهندسین مطالعاتی را بر روی چنین ساختگاههایی آغاز کنند .

بـرای مدتها چنین مطالعاتی صرفاً بر اساس نتایج مشاهداتی زمینلرزه های بزرگ جنبه کیفی قضیه را بررسـی مـی کردند. حاصل این مطالعات این بود که دره های آبرفتی و حوضچه های رسوبی در معرض بزرگنمایی حرکات سطح زمین قرار دارند و رکورد های ثبت شده در این مناطق طولانی تر و پیچیده تر از رکـورد هـای سـاختگاهی سـنگی مجـاور مـی باشـد. این مطالعات نشان دادند که پراکنش و بازتابهای متوالـی امـواج لـرزه ای در مـرزهای عـوارض زمیـن شناسی می تواند اثراتی به مراتب قوی‌تر از شرایط خاک محلی ایجاد نماید.

بنابرایـن بـرای مطالعهٔ چنین اثراتی باید چهار پدیده متفاوت را مد نظر قرار داد (بارد و بوچن ۱۹۸۵):
نخسـت بزرگنمایـی در جابجایی است که با عبور موج لرزه ای از یک محیط با سختی بالا به یک محیط نـرم تـر اتفـاق مـی افتد. دوم تشدید مکانیکی لایه های تخت در فرکانسهای بحرانی است . همانگونه که هاسـکل در ۱۹۶۰ اشـاره کـرد بـرای لایه تخت با سرعت موج برشی β_1 و ضخامت H تحت امواج قائم SH این فرکانسها به صورت زیر هستند:

$$f_n = (2n+1).\frac{\beta_1}{4H} \qquad (۳-۱-۲)$$

به ازای $n = ۰$ فرکانس تشدید را فرکانس مد پایه و سایر مضارب فرد آن را به ترتیب فرکانسهای مد اول و دوم و... می نامند.

مـیزان بزرگنمایـی در جابجایی های سطح متناسب با نسبت امپدانس در محیط می باشد. طبق تعریف امـپدانس یـک محـیط از حاصلضـرب چگالی در سرعت انتشار موج برشی بدست می آید. نکته سوم که