دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)
دانشکده آب

پایان نامه کارشناسی ارشد (مهندسی عمران- زلزله)

تعیین طیف طراحی سرعت برای خاک نوع I و II ایران

تحقیق و تدوین:
مرتضی آزاد

استاد راهنما:
دکتر عباس مهدویان

استاد مشاور:
دکتر رضا راستی

دی ماه ۱۳۹۰

دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)
دانشکده آب

پایان نامه کارشناسی ارشد (مهندسی عمران- زلزله)

تعیین طیف طراحی سرعت برای خاک نوع I و II ایران

تحقیق و تدوین:
مرتضی آزاد

استاد راهنما:
دکتر عباس مهدویان

استاد مشاور:
دکتر رضا راستی

دی ماه ۱۳۹۰

تشکر و قدردانی

در تهیه و گردآوری مطالب این نوشتار از کمک افراد زیادی بهره جستم که در این مجال تشکر خود را از همه آن‌ها اعلام می‌نمایم. بخصوص استاد راهنمای خود جناب آقای دکتر عباس مهدویان که در تک تک مراحل این پایان نامه همفکری و مساعدت فرمودند و نیز جناب آقای دکتر رضا راستی که مشاوره‌های لازم در خصوص هرچه بهتر شدن این پژوهش را ارائه کردند و همچنین جناب آقای دکتر نعمت حسنی که منابع و اطلاعات زیادی را در اختیار اینجانب قرار دادند.

در پایان از جناب مهندس پویا زرپرور، مهندس حمید جباری و مهندس مهدی هفتلنگ که در زمینه های مختلف از راهنماییهایشان بهره جستم تشکر می نمایم.

به‌نام‌خدا

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب مرتضی آزاد تأیید می‌کنم که مطالب مندرج دراین پایان نامه، حاصل کار پژوهشی اینجانب می‌باشد و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است.
این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک همسطح، پایین‌تر و بالاتر ارائه نشده است.
کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور) می‌باشد.
مرتضی آزاد

چکیده

بر اساس تجربه زلزله‌های گذشته، افزایش خرابی ناشی ازرخداد زلزله همواره با افزایش شتاب زمین در هنگام وقوع زلزله درهر محل و متناسب با جرم آن‌ها بوده است. در صورت پایین بودن سرعت ناشی از زمینلرزه‌ها آسیب کمتری به سازه‌های خطی و شریانهای حیاتی زیر زمینی مثل خطوط لوله و تونل‌ها وارد شده است. اثر اینرسی در سازه‌های خطی و شبکه‌ای از روزمینی به مدفون کاهش پیدا می‌نماید، زیرا در سازه‌های مدفون رفتار سازه عملا تحت تاثیر رفتار خاک بوده و جرم آن در مقایسه با خاک محیطی خود بسیار ناچیز و قابل اغماض می‌باشد. طیف پاسخ سرعت برای سازه‌های مدفون مانند خطوط لوله، تونل‌ها، مخازن مدفون که عملکرد آن‌ها توسط رفتار لرزه‌ای زمین مجاورشان کنترل می‌گردد استفاده می‌شود. طراحی لرزه‌ای اینگونه سازه‌ها بر اساس روش پاسخ تغییرمکان صورت می‌پذیرد.

در این پژوهش سعی شده است که با توجه به اطلاعات شتابنگاشتی که از زمین لرزه‌های مختلف در ایران بدست آمده است نسبت به بدست آوردن منحنی ضریب طیفی سرعت برای خاک‌های نوع I و II اقدام گردد. برای این منظور، از ۱۵۳ شتابنگاشت افقی خاک نوع I و ۱۶۲ شتابنگاشت افقی خاک نوع II (هر کدام شامل ۲ مؤلفه L و T) دریافتی از مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن استفاده گردید. سپس طیف سرعت برای هر یک از شتابنگاشت‌ها بدست آمد و پاسخ محاسبه شده هم بر اساس PGV و هم بر اساس PGA نرمال گردید.

بنابراین برای هر کدام ازاین دو نوع خاک دو مجموعه طیف پاسخ سرعت نرمال شده بدست آمد. در نهایت برای هر مجموعه، طیف طراحی میانگین و ۸۴٪ بدست آمد. این منحنی‌های ضریب طیفی با منحنی طیفی حاصل از زلزله‌های مهم ایران و جهان نیز مقایسه شده و اقدام به معرفی منحنی طراحی مربوطه برای شرایط خاک نوع I و II در ایران شد.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱ پیشگفتار ۲

۱-۲ هدف پایان نامه ۳

۱-۳ بیان مسئله ۳

۱-۴ تعریف مسئله ٤

۱-۵ محدوده کار ٦

فصل دوم: مروری بر تئوری و تعاریف لرزه ای

۲-۱ بررسی پارامترهای لرزه ای ۹

۲-۱-۱ پارامترهای حرکت زمین ۹

۲-۱-۲ پارامترهای دامنه ۹

۲-۱-۳ شتاب بیشینه ۱۰

۲-۱-۴ سرعت بیشینه ۱۱

۲-۱-۵ جابجایی بیشینه ۱۱

۲-۲ رکوردهای زلزله ۱۱

۲-۲-۱ رکوردهای طبیعی ۱۱

۲-۲-۱-۱ تفاوت های منطقه ای ۱۲

۲-۲-۱-۲ ضوابط مربوط به انتخاب رکورد ۱٤

۲-۲-۲ رکوردهای مصنوعی ۱۵

۲-۲-۳ رکورد بر مبنای فرمول های ریاضی ۱۷

۲-۳ طیف پاسخ ۱۹

۲-۳-۱ طیف پاسخ جابجایی ۲۰

۲-۳-۲ طیف پاسخ شبه سرعت ۲۰

۲-۳-۳ طیف پاسخ شبه شتاب ۲۱

۲-۴ پارامترهای طیفی ۲۱

۲-۴-۱ پریود غالب ۲۱

۲-۴-۲ پهنای باند ۲۲

۲-۴-۳ نسبت PGV/PGA ۲۲

۲-۵ عوامل موثر در طیف پاسخ ۲۳

۲-۶ طیفهای الاستیک و غیرالاستیک ۲۵

فصل سوم: طیف های طراحی

۳-۱ مقدمه ۳۳

۳-۲ مراحل کلی ساخت طیف طراحی ۳٤

۳-۳ ویژگی رکوردهای خام زلزله ۳۷

۳-۴ تاریخچه پردازش رکوردها ۳۸

۳-۵ منابع خطای شتابنگاشت ها ۳۹

۳-۶ تئوری تصحیح شتابنگاشت ٤۱

۳-۶-۱ روش تصحیح محور ٤۲

۳-۶-۲ روش تصفیه فرکانس ها (فیلتر) ٤٤

۳-۷ تصفیه فرکانس ها (فیلتر) ٤۵

۳-۸ تعیین مقادیر F_H و F_L برای تصحیح شتاب نگاشت ها..... ٤۸

فصل چهارم: طیف طراحی سرعت برای خاک I و II ایران

۴-۱ مقدمه ۵۲

۴-۲ مراحل انجام کار ۵۳

۴-۳ انجام مراحل روی چند رکورد منتخب ۵۵

۴-۴- طیف پاسخ میانگین و ۸۴٪ نرمال شده با PGV ۶۸

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱ مقدمه ۷۵

۵-۲ طیف هموار طراحی ۷۵

۵-۳ طیف لگاریتمی خاک نوع I و II ۸۰

۵-۴ طیف هموار طراحی برای طیف‌های نرمال شده با PGV ۸۳

۵-۵ طیف هموار طراحی برای طیف‌های نرمال شده با PGA ۸۹

۵-۶ مقایسه طیف طراحی پایان نامه با طیف‌های چند زلزله مهم ایران ۹۶

۵-۷ پیشنهادات ۹۹

پیوست ۱ (طیف‌های پاسخ زلزله‌های اوج سوزا و دیهوک از خاک نوع I) ۱۰۰

پیوست ۲ (طیف‌های پاسخ زلزله‌های طبس، منجیل و معلم کلایه از خاک نوع II)..... ۱۰۷

پیوست ۳ (لیست رکورد های مورد استفاده در پژوهش) ۱۱۴

فهرست مراجع ۱۲۴

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: پراکندگی فاصله و بزرگا شتابنگاشت‌های خاک نوع I ٦

شکل ۱-۲: پراکندگی فاصله و بزرگا شتابنگاشت‌های خاک نوع II ٦

شکل ۲-۱: تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و جابجایی مولفه ی S00E زلزله السنترو (سال ۱۹۴۰) ۱۰

شکل ۲-۲: رکورد مصنوعی شتاب (چپ) تطبیق یافته با یک طیف آیین نامه (راست) ١٦

شکل۲-۳: رکورد طبیعی در Westmorland Brawley (کالیفرنیا، ۱۹۸۱) و رکورد مصنوعی تولید شده ۱۹

شکل ۲-۴: نمای شماتیک استخراج طیف پاسخ ۲۰

شکل ۲-۵ : طیف فوریه مربوط به دو حرکت متفاوت دارای محتوای فرکانسی متفاوت و پریود غالب یکسان ۲۲

شکل۲-۶: اثرات ناشی از مسافت (چپ) و بزرگا بر شکل طیف (راست) با استفاده از روابط میرایی مختلف ۲۵

شکل ۲-۷: نسبت متوسط ماکسیمم سرعت نسبی به شبه سرعت و ماکسیمم شتاب مطلق به شبه شتاب به عنوان تابعی از میرایی ۲۸

شکل۲-۸: نتایج طیف الاستیک ۲۹

شکل ۲-۹: طیف‌های الاستیک با شکل پذیری ثابت برای زلزله ۱۹۹۴ نورثریج (کالیفرنیا) و ۱۹۹۵ کوبه (ژاپن) ۳۱

شکل ۳-۱: طیف طراحی میانگین و میانگین بعلاوه انحراف معیار استاندارد برای میرایی ۵٪ ۳۵

شکل ۳-۲: طیف پاسخ سه جانبه (مختلط) زلزله السنترو برای میرایی های صفر، ۲، ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد ۳۵

شکل ۳-۳: نحوه ساخت طیف طراحی خطی ۳٦

شکل ۳-۴: نمودار شماتیک سرعت که از عددی کردن یک شتابنگاشت بدست می آید ۳۹

شکل۳-۵: تغییرات شتاب در مراحل ثبت و عددی نمودن آن ٤۱

شکل ۳-۶: نگاشت زلزله‌های ناغان و طبس قبل و بعد از اصلاح ٤۳

شکل ۳-۷: نمایش شتابنگاشت در فضای فرکانسی ٤٤

شکل۳-۸: عملکرد فیلترها ٤٦

شکل۳-۹: انواع فیلترهای ایده آل ٤۸

شکل ۴-۱: طیف پاسخ زلزله‌های ثبت شده در ایستگاه السنترو در طی سالهای ۱۹۵۶، ۱۹۴۰ و ۱۹۶۸ برای میرایی ۲٪ ۵۲

شکل ۴-۲: تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و جابجایی اصلاح نشده زلزله اوج ۵۷

شکل ۴-۳: تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و جابجایی اصلاح شده زلزله اوج ۵۷

شکل ۴-۴: تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و جابجایی اصلاح نشده زلزله سوزا ۵۸

شکل ۴-۵: تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و جابجایی اصلاح شده زلزله سوزا ۵۸
شکل ۴-۶: تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و جابجایی اصلاح نشده زلزله دیهوک ۵۹
شکل ۴-۷: تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و جابجایی اصلاح شده زلزله دیهوک ۵۹
شکل ۴-۸ : طیف پاسخ نرمال نشده زلزله‌های آوج، سوزا و دیهوک ۶۰
شکل ۴-۹ : طیف پاسخ نرمال شده با PGV زلزله‌های آوج، سوزا و دیهوک ۶۱
شکل ۴-۱۰ : طیف پاسخ نرمال شده با PGA زلزله‌های آوج، سوزا و دیهوک ۶۱
شکل ۴-۱۱ : طیف پاسخ میانگین و 84% نرمال شده با PGV زلزله‌های آوج، سوزا و دیهوک ۶۲
شکل ۴-۱۲ : طیف پاسخ میانگین و 84% نرمال شده با PGA زلزله‌های آوج، سوزا و دیهوک ۶۲
شکل ۴-۱۳ : تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و جابجایی اصلاح نشده زلزله طبس ۶۳
شکل ۴-۱۴: تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و جابجایی اصلاح شده زلزله طبس ۶۳
شکل ۴-۱۵: تاریخچه زمانی شتاب، سرعت جابجایی اصلاح نشده زلزله منجیل گیلان ۶۴
شکل ۴-۱۶: تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و جابجایی اصلاح شده زلزله منجیل گیلان ۶۴
شکل ۴-۱۷: تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و جابجایی اصلاح نشده زلزله ایستگاه معلم کلایه ۶۵
شکل ۴-۱۸: تاریخچه زمانی شتاب، سرعت و جابجایی اصلاح شده زلزله ایستگاه معلم کلایه ۶۵
شکل ۴-۱۹: طیف پاسخ نرمال نشده زلزله‌های طبس، منجیل و معلم کلایه ۶۶
شکل ۴-۲۰: طیف پاسخ نرمال شده با PGV زلزله‌های طبس، منجیل و معلم کلایه ۶۶
شکل ۴-۲۱: طیف پاسخ نرمال شده با PGA زلزله‌های طبس، منجیل و معلم کلایه ۶۷
شکل ۴-۲۲: طیف پاسخ میانگین و ۸۴٪ نرمال شده با PGV زلزله‌های طبس، منجیل و معلم کلایه ۶۷
شکل ۴-۲۳: طیف پاسخ میانگین و ۸۴٪ نرمال شده با PGA زلزله‌های طبس، منجیل و معلم کلایه ۶۸
شکل ۴-۲۴: طیف پاسخ میانگین و ۸۴٪ نرمال شده با PGV خاک نوع I ۶۹
شکل ۴-۲۵: طیف پاسخ میانگین و ۸۴٪ نرمال شده با PGV خاک نوع II ۶۹
شکل ۴-۲۶: طیف پاسخ میانگین و ۸۴٪ نرمال شده با PGA خاک نوع I ۷۰
شکل ۴-۲۷: طیف پاسخ میانگین و ۸۴٪ نرمال شده با PGA خاک نوع II ۷۰
شکل ۴-۲۸: پراکندگی بیشینه سرعت شتاب نگاشت‌های نرمال نشده خاک نوع II ۷۱
شکل ۴-۲۹: درصد پراکندگی بیشینه سرعت شتاب نگاشت‌های نرمال نشده خاک نوع II ۷۲
شکل ۴-۳۰: درصد پراکندگی بیشینه سرعت شتاب نگاشت‌های نرمال نشده خاک نوع II ۷۲

شکل ۴-۳۱: پراکندگی بیشینه شتاب شتابنگاشت‌های نرمال نشده خاک نوع II ۷۳
شکل ۵-۱: طیف ۵۰٪ و ۸۴٪ خاک نوع I بهمراه طیف پاسخ سرعت زلزله‌های نرثریج، ایمپریال ولی، لوما پریتا و السنترو ۷۷
شکل ۵-۲: طیف ۵۰٪ و ۸۴٪ خاک نوع II بهمراه طیف پاسخ سرعت زلزله‌های نرثریج، ایمپریال ولی، لوما پریتا و السنترو ۷۷
شکل ۵-۳: طیف ۵۰٪ و ۸۴٪ خاک نوع I بهمراه طیف حاصل از میانگین گیری از زلزله‌های نرثریج، ایمپریال ولی، لوما پریتا و السنترو ۷۹
شکل ۵-۴: طیف ۵۰٪ و ۸۴٪ خاک نوع II بهمراه طیف حاصل از میانگین گیری از زلزله‌های نرثریج، ایمپریال ولی، لوما پریتا و السنترو ۷۹
شکل ۵-۵: طیف لگاریتمی ۵۰٪ و ۸۴٪ خاک نوع I ۸۱
شکل ۵-۶: طیف لگاریتمی ۵۰٪ و ۸۴٪ خاک نوع II ۸۱
شکل ۵-۷: طیف لگاریتمی ۵۰٪ و ۸۴٪ خاک نوع I ۸۲
شکل ۵-۸: طیف لگاریتمی ۵۰٪ و ۸۴٪ خاک نوع II ۸۲
شکل ۵-۹: طیف ۵۰٪ خاک نوع I و منحنی برازش شده از آن ۸۳
شکل ۵-۱۰: طیف ۸۴٪ خاک نوع I و منحنی برازش شده از آن ۸٤
شکل ۵-۱۱: طیف ۵۰٪ خاک نوع II و منحنی برازش شده از آن ۸۵
شکل ۵-۱۲: طیف ۸۴٪ خاک نوعII و منحنی برازش شده از آن ۸٦
شکل ۵-۱۳ : طیف لگاریتمی ۵۰٪ برای خاک نوع I و II ۸۷
شکل ۵-۱۴ : طیف لگاریتمی ۵۰٪ پایان نامه برای خاک نوع I و II ۸۷
شکل ۵-۱۵: طیف لگاریتمی ۸۴٪ برای خاک نوع I و II ۸۸
شکل ۵-۱۶: طیف لگاریتمی ۸۴٪ پایان نامه برای خاک نوع I و II ۸۸
شکل ۵-۱۷: طیف ۵۰٪ خاک نوع I و منحنی برازش شده از آن ۹۰
شکل ۵-۱۸: طیف ۸۴٪ خاک نوع I و منحنی برازش شده از آن ۹۱
شکل ۵-۱۹: طیف ۵۰٪ خاک نوعII و منحنی برازش شده از آن ۹۲
شکل ۵-۲۰: طیف ۸۴٪ خاک نوعII و منحنی برازش شده از آن ۹۳
شکل ۵-۲۱: طیف لگاریتمی ۵۰٪ خاک نوع I و II ۹٤
شکل ۵-۲۲: طیف لگاریتمی ۵۰٪ پایان نامه برای خاک نوع I و II ۹٤
شکل ۵-۲۳: طیف لگاریتمی ۸۴٪ خاک نوع I و II ۹۵
شکل ۵-۲۴: طیف لگاریتمی ۸۴٪ پایان نامه برای خاک نوع I و II ۹۵

شکل ۵-۲۵: ۱: طیف ۵۰٪ خاک نوع I پایان نامه ۲: طیف ۸۴٪ خاک نوع I پایان نامه ۳: میانگین طیف های زلزله‌های آوج، سوزا و دیهوک ۹۷
شکل ۵-۲۶: ۱: طیف ۵۰٪ خاک نوع II پایان نامه ۲: طیف ۸۴٪ خاک نوع II پایان نامه ۳: میانگین طیف های زلزله‌های طبس، منجیل (ایستگاه آب بر) و معلم کلایه ۹۷
شکل ۵-۲۷: ۱: طیف ۵۰٪ خاک نوع I پایان نامه ۲: طیف ۸۴٪ خاک نوع I پایان نامه ۳: میانگین طیف های زلزله‌های آوج، سوزا و دیهوک ۹۸
شکل ۵-۲۸: ۱: طیف ۵۰٪ خاک نوع II پایان نامه ۲: طیف ۸۴٪ خاک نوع II پایان نامه ۳: میانگین طیف های زلزله‌های طبس، منجیل (ایستگاه آب بر) و معلم کلایه ۹۸

فهرست اشکال پیوست‌ها

شکل پ۱-۲: طیف پاسخ نرمال نشده زلزله سوزا
شکل پ۱-۳: طیف پاسخ نرمال نشده زلزله دیهوک
شکل پ۱-۴: طیف پاسخ نرمال شده با PGA زلزله اوج
شکل پ۱-۵: طیف پاسخ نرمال شده با PGA زلزله سوزا
شکل پ۱-۶: طیف پاسخ نرمال شده با PGA زلزله دیهوک
شکل پ۱-۷: طیف پاسخ نرمال شده با PGA زلزله‌های آوج، سوزا و دیهوک به همراه طیف میانگین و84% آنها
شکل پ۱-۸: طیف پاسخ نرمال شده با PGV زلزله آوج
شکل پ۱-۹: طیف پاسخ نرمال شده با PGV زلزله سوزا
شکل پ۱-۱۰: طیف پاسخ نرمال شده با PGV زلزله دیهوک
شکل پ۱-۱۱: طیف پاسخ نرمال شده با PGV زلزله‌های آوج، سوزا و دیهوک به همراه طیف میانگین و84% آنها
شکل پ۲-۱: طیف پاسخ نرمال نشده زلزله طبس
شکل پ۲-۲: طیف پاسخ نرمال نشده زلزله آب بر
شکل پ۲-۳: طیف پاسخ نرمال نشده زلزله معلم کلایه
شکل پ۲-۴: طیف پاسخ نرمال شده با PGA زلزله طبس
شکل پ۲-۵: طیف پاسخ نرمال شده با PGA زلزله آب بر
شکل پ۲-۶: طیف پاسخ نرمال شده با PGA زلزله معلم کلایه

شکل پ۲-۷: طیف پاسخ نرمال شده با PGA زلزله‌های طبس، آب بر و معلم کلایه به همراه طیف میانگین و۸۴٪ آنها
شکل پ۲-۸: طیف پاسخ نرمال شده با PGV زلزله طبس
شکل پ۲-۹: طیف پاسخ نرمال شده با PGV زلزله آب بر
شکل پ۲-۱۰: طیف پاسخ نرمال شده با PGV زلزله معلم کلایه
شکل پ۲-۱۱: طیف پاسخ نرمال شده با PGV زلزله‌های طبس، آب بر و معلم کلایه به همراه طیف میانگین و۸۴٪ آنها

فهرست جداول

جدول ۲-۱ : مقادیر متوسط PGV/PGA برای شرایط مختلف ساختگاه ۲۳
جدول ۳-۱: ضرایب بزرگنمایی α_A، α_v و α_D برای ایجاد طیف طراحی خطی ۳۶
جدول ۴-۱: مقادیر فرکانس تصحیح F_H و F_L ۵۵
جدول ۴-۲ : مشخصات زلزله‌های آوج، سوزا و دیهوک از خاک I ۵۶
جدول ۴-۳ : مشخصات زلزله‌های طبس، آب بر و معلم‌کلایه از خاکII ۶۳
جدول۵-۱ : مشخصات زلزله‌های نرثریج، ایمپریال ولی، لوما پریتا وال سنترو ۷۶

فصل اول

مقدمه

۱-۱ پیشگفتار

یکی از عوامل موثر در طراحی یک سازه مهندسی نیروی زلزله است که برای در نظر گرفتن آن در طراحی سازه معمولا از پارامتر شتاب زلزله استفاده می‌شود، مثلا در روش‌های استاتیکی نیروی زلزله بصورت ضریبی از وزن سازه به آن وارد می‌گردد که آن ضریب بصورت خطی وابسته به شتاب طراحی در آن منطقه مشخص می باشد (V=CW ,C=AB I/R). یا در روش طیفی بطور مستقیم از طیف طراحی شتاب استفاده می‌شود. این رویکرد در سازه‌هایی با جرم قابل توجه کاملا منطقی و قابل توجیه به نظر می رسد ولی در سازه‌هایی با جرم اندک، نیروی زلزله کمی را حاصل می‌گردد.

از طرفی در زلزله‌های گوناگون همواره خرابی‌های بسیاری در سازه‌های با جرم کم نظیر لوله‌های مدفون انتقال آب و غیره همگام با تخریب ساختمان‌های با جرم زیاد مشاهده شده است که تخریب آن‌ها گاه آسیب بمراتب جدی‌تری را وارد آورده است. لذا استفاده از روش‌های مبتنی بر پارامتر شتاب زلزله در چنین سازه‌هایی نمی تواند به تنهایی مناسب باشد و وجود یک طیف طراحی برای سرعت زلزله در کنار طیف شتاب موجود در آیین نامه ۲۸۰۰ ضروری بنظر می رسد چراکه سازه‌های خطی و شبکه‌ای که بطور عمده مدفون نیز می‌باشند از پاسخ سرعت زمین به زلزله تاثیر پذیری بیشتری دارند.

شریان‌های حیاتی به مجموعه سازه‌ها، تاسیسات و تجهیزاتی اطلاق می‌شود که وظیفه ذخیره، تامین، انتقال و توزیع نیازهای حیاتی شامل آب، برق، گاز و یا جمع آوری، ذخیره و تصفیه یا بازیافت فاضلاب و مواد زائد و یا برقراری ارتباط شامل تلفن ثابت و همراه، اینترنت و دیتا را بعهده دارند.

بر اساس تجربه زلزله‌های گذشته، افزایش شتاب زلزله همواره با خرابی بیشتر سازه‌های روزمینی، و متناسب با جرم آنها بوده است. در مواقعی که سرعت کم بوده است آسیب قابل توجهی به سازه‌های خطی و شبکه‌ای یعنی خطوط لوله و تونل‌ها وارد نشده است. اثر اینرسی در سازه‌های خطی و شبکه‌ای از روزمینی به مدفون کاهش پیدا می‌نماید زیرا در سازه‌های مدفون رفتار سازه عملا تحت تاثیر رفتار خاک بوده و جرم آن در مقایسه با خاک محیطی خود بسیار ناچیز و قابل اغماض می باشد.

طیف پاسخ سرعت برای سازه‌های مدفون مانند خطوط لوله، تونل‌ها، مخازن مدفون که عملکرد آن-ها توسط رفتار لرزه‌ای زمین مجاورشان کنترل می‌گردد استفاده می‌شود. طراحی لرزه‌ای این سازه‌ها بر

اساس روش پاسخ تغییرمکان و به این صورت که ابتدا جابجایی زمین در محل سازه مدفون با استفاده از طیف پاسخ سرعت محاسبه و برهم‌کنش بین زمین و سازه زیرزمینی با روش شبه استاتیکی تحلیل می‌شود، صورت می‌پذیرد. طیف پاسخ سرعت برای طراحی لرزه‌ای سازه‌های مدفون بر پایه حداکثر پاسخ لایه سطحی زمین در اثر ورود شتاب مورد نظر به لایه زیرین در یک مدل تحلیلی پروفیل خاک بدست می-آید. طیف پاسخ شتاب و سرعت باید با طراحی تجهیزات سازگار باشند.

۱-۲ هدف پایان نامه

همان‌طور که گفته شد تحلیل‌های دینامیکی یک شریان حیاتی ازجمله سامانه‌های آبی نیازمند طیف-های طراحی سرعت می‌باشد. در این تحقیق سعی خواهد شد که با توجه به اطلاعات شتابنگاشتی که از زمین لرزه‌های مختلف در ایران بدست آمده است نسبت به بدست آوردن منحنی ضریب طیفی اقدام گردد. این منحنی‌های ضریب طیفی با منحنی طیفی حاصل از زلزله‌های مهم ایران و جهان نیز مقایسه شده و اقدام به معرفی منحنی مربوطه برای شرایط خاک یک و دو در ایران خواهد شد. همچنین مروری بر تعاریف و موضوعات تئوری بکار رفته در پایان نامه می‌گردد.

۱-۳ بیان مسئله

طیف طراحی هر منطقه باید بر اساس اطلاعات شتابنگاشتی مختص آن منطقه تعریف و تعیین گردد. تا کنون علی‌رغم پژوهش‌هایی که کم وبیش برای تعیین دقیق طیف شتاب برای خاک‌های مختلف ایران انجام گرفته است، همچنان آیین نامه زلزله ایران برای طراحی سازه‌ها از طیفی استفاده می‌کند که از آیین نامه دیگر کشورها بدست آمده و نیاز به اصلاح بر اساس شتابنگاشت‌های ثبت شده در داخل ایران دارد. گذشته از این طیف موجود در آیین نامه مربوط به شتاب بوده و نمی توان بطور مستقیم از آن برای طراحی سازه هایی که روش محاسبه آن‌ها بر اساس روش پاسخ تغییر مکان است _ شریان‌های حیاتی _ استفاده نمود.

طراحی لرزه‌ای این سازه‌ها بر اساس روش پاسخ تغییرمکان و به این صورت که ابتدا جابجایی زمین در محل سازه مدفون با استفاده از طیف پاسخ سرعت محاسبه و برهم کنش بین زمین و سازه زیرزمینی با روش شبه استاتیکی تحلیل می‌شود، صورت می‌پذیرد. لذا برای طرح لرزه‌ای سازه‌های مدفون مانند خطوط لوله، تونل‌ها و مخازن مدفون که عملکرد آن‌ها توسط رفتار لرزه‌ای زمین مجاورشان کنترل می‌گردد نیاز به وجود طیف سرعت در آیین نامه‌های مربوطه احساس می‌گردد.

تا کنون هیچ طیف طراحی برای سرعت که بطور مستقیم از داده‌های لرزه نگاری ایران بدست آمده باشد ارائه نشده است و کارهای انگشت شمار انجام شده نیز عمدتا بر اساس کار محققان خارجی و یا آیین-نامه‌های کشورهای پیشرو در زمینه علم مهندسی زلزله بوده است. لذا شاید بتوان این پژوهش را شروعی برای مطالعات و تلاش‌های گسترده محققان در این زمینه در آینده‌ای نزدیک دانست.

۱-٤ تعریف مسئله

بر اساس اصول دینامیک سازه معادله حرکت سیستم یک درجه آزادی به تحریک ناشی از زلزله به صورت زیر می باشد.

$$u'' + 2\xi\omega u' + \omega^2 u = -u''_g(t) \qquad \text{(رابطه ۱-۱)}$$

از رابطه فوق می‌توان نتیجه گرفت که پاسخ سیستم ($u(t)$) تابعی از فرکانس طبیعی سیستم (ω) و ضریب میرایی (ξ) آن می‌باشد.

جواب این معادله دیفرانسیل با استفاده از انتگرال دوهامل به صورت زیر خواهد بود :

$$u(t) = \int_0^t [-u''_g(\tau)/\omega_D]\, e^{-\xi\omega(t-\tau)} \sin\omega_D(t-\tau)\, d\tau \qquad \text{(رابطه ۱-۲)}$$

$$\omega_D = \omega\sqrt{1-\xi^2} \qquad \text{(رابطه ۱-۳)}$$

برای یک سازه معین با تناوب طبیعی T_1 ($\omega_1=2\pi/T_1$) و ξ معلوم می‌توان نمودار حرکت نسبی را بر حسب زمان بدست آورد. حال اگر نقطه اوج نمودار بدست آمده را با S_d نشان دهیم، یک نقطه از نمودار طیف جابجایی را بر حسب T بدست آورده‌ایم. چنانچه T_1 را تغییر داده و ξ را ثابت نگاه داریم S_d های دیگری حاصل خواهد شد که از وصل آن‌ها به هم طیف پاسخ جابجایی برای یک میرایی معین بدست می-آید.

با توجه به رابطه جابجایی، سرعت و شتاب، می توان با مشتق گیری از رابطه (۱-۲) سرعت سیستم را بر حسب زمان بصورت زیر بیان کرد:

$$u'(t) = -\xi\omega\, u(t) - \int_0^t -u''_g(\tau)\, e^{-\xi\omega(t-\tau)} \cos\omega_D(t-\tau)\, d\tau \qquad \text{(رابطه ۱-۴) (تاریخچه سرعت کل)}$$

طیف پاسخ سرعت نسبی همانند آنچه درباره طیف جابجایی گفته شد از محاسبه حداکثر مقادیر رابطه (۱-۴) برای پریودهای مختلف حاصل می شود که در این پایان نامه به این موضوع پرداخته شده است.

از طرفی اگر معادله نیوتن را برای جرم m بنویسیم در هر لحظه رابطه (۱-۵) برقرار است:

$$-k\,u - cu' = ma$$ (رابطه ۱-۵)

$$k = m\,\omega^2$$ (رابطه ۱-۶)

$$c = 2m\xi\omega$$ (رابطه ۱-۷)

در نتیجه خواهیم داشت:

$$u''(t) = -\omega^2\,u(t) - 2\xi\omega\,u'(t)$$ (رابطه ۱-۸) (تاریخچه شتاب کل)

که بطور مشابه طیف پاسخ شتاب نسبی نیز از محاسبه حداکثر مقادیر رابطه (۱-۸) برای پریودهای مختلف حاصل می‌شود.

برای دستگاه‌های کم استهلاک اگر از پارامتر ξ صرف نظر کنیم می‌توان گفت شتاب سیستم در هر لحظه برابر است با:

$$u''(t) = -\omega^2\,u(t)$$ (رابطه ۱-۹)

یعنی با داشتن جابجایی نسبی سیستم می‌توان شتاب را محاسبه نمود. در نتیجه اگر مقادیر طیف جابجایی را با S_d نشان دهیم، با ضرب آن‌ها در ω^2 طیف شتابی بدست خواهد آمد که به آن طیف شبه شتاب می گوییم.

$$S_a = \omega^2\,S_d$$ (رابطه ۱-۱۰)

همچنین با توجه به تشابه این رابطه با رابطه شتاب و جابجایی دستگاه تحت محرک سینوسی می‌توان طیف سرعت اسمی (شبه سرعت) را بصورت زیر تعریف نمود:

$$S_v = \omega\,S_d$$ (رابطه ۱-۱۱)