





دانشکده : عمران و معماری

گروه : سازه

عنوان پایان نامه ارشد

تأثیرات زلزله حوزه نزدیک بر رفتار سازه‌ها و روش مناسب برای لحاظ این اثر در طیف طرح آیین نامه

دانشجو :

اسماعیل خسروجردی

اساتید راهنما :

دکتر علی کیهانی

دکتر محمدرضا تابش‌پور

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۹۲



مدیریت تحصیلات تکمیلی

بسمه تعالی

شماره :

تاریخ :

ویرایش :

فرم شماره (۶)

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای اسماعیل خسروجردی رشته عمران گرایش سازه تحت عنوان: تأثیرات زلزله حوزه نزدیک بر رفتار سازه ها و روش مناسب برای لحاظ این اثر در طیف طرح آیین نامه که در تاریخ ۱۳۹۲/۶/۲۴ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

☐ مردود

☐ دفاع مجدد

☒ قبول (با درجه : **بسیار خوب** امتیاز **۸۶.۲۵**)

۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما اول	دکتر علی کیهانی	استاد یار	
۲- استاد راهنما دوم	دکتر محمدرضا تابش پور	استاد یار	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر مهدی گلی	استاد یار	
۴- استاد ممتحن	دکتر ایمان آقاییان	استاد یار	
۵- استاد ممتحن	دکتر سید مهدی حسینی	استاد یار	

رئیس دانشکده : احمد احمدی

تقدیم به

پدر و مادرم

به پاس دعای خیرشان

اساتیدم

به پاس رهنمودهایشان

تشکر و قدردانی

شایسته است از دانشگاه صنعتی شاهرود که امکانات و شرایط لازم برای تحصیل اینجانب را فراهم نموده تشکر و قدردانی کنم. برخورد لازم می‌دانم که زحمات اساتید ارجمند و گرانقدرم جناب آقای دکتر محمدرضا تابش‌پور و جناب آقای دکتر علی کیهانی که مفتخر به شاگردیشان بوده‌ام و از محضرشان درس علم و اخلاق و عمل آموخته و از راهنمایی‌های کریمانه و بی‌شائبه‌شان بهره برده‌ام نهایت سپاسگزاری را داشته باشم. بدون شک بدون راهنمایی ارزنده این دو عزیز، تهیه پایان‌نامه برای اینجانب میسر نبود.

در پایان از خانواده‌ام که در لحظه لحظه زندگی پشتیبان و همراهم بوده‌اند سپاسگزارم.

تعهد نامه

اینجانب دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته

..... دانشکده دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه

.....

تحت راهنمایی.....متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .

چکیده

بررسی و تبیین ارتعاشات نیرومند زمین در دو شاخه مهندسی سازه (دیدگاه تحلیل رفتار سازه‌ها) و مهندسی زلزله (دیدگاه تحلیلی رفتار زمین) دارای اهمیت فراوان است. بدین منظور در این تحقیق ابتدا به شناخت حوزه نزدیک و در ادامه به چگونگی رفتار این زلزله بر سازه‌ها می‌پردازیم. اهمیت و ضرورت بررسی زلزله‌های حوزه نزدیک به دلیل نزدیکی شهرها و گسل‌ها به یکدیگر است بطوریکه خیلی از گسل‌ها نام خود را از شهرها و آبادی‌های مجاور به عاریه گرفته‌اند. از آن جمله می‌توان به گسل اشتهاارد، قم، شمال تهران، تبریز، شهر ری و ... اشاره نمود. با توجه به وجود گسل‌های فعال در اکثر مناطق ایران مخصوصاً شهر تهران و با در نظر گرفتن تراکم ساخت و ساز و وجود گسل‌های متعدد در این شهرها، اکثر سازه‌ها در حریم گسل قرار می‌گیرند. برای شناخت زلزله‌های حوزه نزدیک بعد از زلزله‌های مخرب لندرز و نورث‌ریچ و کوبه که باعث خرابی در سازه‌های طراحی شده با آیین‌نامه‌های مدرن گردید مطالعات گسترده‌ای آغاز شد. مهمترین ویژگی این دسته رکوردها محتوای فرکانسی بالا و اثر جهت‌گیری پیش‌رونده می‌باشد. اثر جهت‌گیری پیش‌رونده باعث بوجود آمدن پالس‌هایی با پریود بلند در رکوردهای زلزله خواهد شد. مهمترین چالش مورد بررسی در این تحقیق چگونگی لحاظ این اثرات در طیف طرح آیین‌نامه می‌باشد. روش پیشنهادی در این تحقیق تلفیقی از روش‌های لحاظ شده در دیگر آیین‌نامه هاست. بدین منظور ابتدا باید شناخت کاملی از گسل‌های موجود در منطقه کسب کرده و سپس ضرایبی تحت عنوان F_{T_s} ، F_{T_d} ، F_{PGD} ، F_{PGV} ، F_{PGA} را در طیف طرح لحاظ نمود. این روش علاوه بر کارایی مناسب از مزیت سادگی که از خواص آیین‌نامه ساختمانی می‌باشد برخوردار است. همچنین در بخش آخر به مطالعه رفتار غیرخطی سه قاب کوتاه و متوسط و بلند تحت رکوردهای حوزه نزدیک و حوزه دور می‌پردازیم. بر این اساس نشان داده می‌شود سازه‌هایی با پریود بلند بیشتر تحت تاثیر رکوردهای حوزه نزدیک با وجود پالس می‌باشند. به منظور بررسی رفتار سازه‌ها رکوردهای نزدیک گسل و دور از گسل را مقیاس کرده، که نتایج نشان می‌دهند

مقیاس کردن رکوردهای حوزه نزدیک باعث از بین رفتن خواص آنها خواهد شد و نتایج حوزه نزدیک و حوزه دور به یکدیگر شبیه می‌شوند.

کلمات کلیدی: زلزله حوزه نزدیک، اثر جهت‌پذیری پیش‌رونده، طیف طرح آیین‌نامه، ضرایب حوزه نزدیک، رفتار غیرخطی سازه‌ها، رکوردهای مقیاس شده

فصل اول: کلیات ۱

۱-۱- پیشگفتار ۲

۲-۱- پیشینه پژوهش ۲

۳-۱- ساختار پایان نامه ۷

فصل دوم: بررسی گسل‌های فعال در ایران ۹

۱-۲- پیشگفتار ۱۰

۲-۲- پراکندگی گسل‌های فعال در ایران ۱۰

۱-۲-۲- گسل‌های فعال در تبریز ۱۲

۲-۲-۲- گسل‌های فعال در اصفهان ۱۲

۳-۲-۲- گسل‌های فعال در شمال ایران ۱۳

۴-۲-۲- گسل‌های فعال در استان مشهد ۱۴

۵-۲-۲- گسل‌های فعال در شیراز ۱۴

۶-۲-۲- گسل‌های فعال در تهران ۱۵

۱-۶-۲-۲- بررسی نقاط مهم تهران و فاصله آنها از گسل ۱۶

۳-۲- نتیجه‌گیری ۱۸

فصل سوم: خصوصیات زلزله‌های حوزه نزدیک ۱۹

۲۰	۱-۳- پیشگفتار.....
۲۰	۲-۳- جهت گیری انتشار شکست.....
۲۴	۳-۳- جابجایی ماندگار زمین.....
۲۵	۴-۳- ترکیب اثرات جهت گیری و تغییر مکان دائمی زمین.....
۲۷	۵-۳- محتوای فرکانسی بالا.....
۲۸	۶-۳- مشخصات رکوردهای حوزه نزدیک.....

فصل چهارم: اثر حوزه نزدیک در آیین نامه کشورهای مختلف دنیا..... ۳۰

۳۰	۱-۴- پیشگفتار.....
۳۰	۲-۴- بررسی آیین نامه های طرح لرزه ای کشورهای مختلف.....
۳۰	۱-۲-۴- یو بی سی ۹۷.....
۳۱	۱-۱-۲-۴- طیف طرح الاستیک یو بی سی ۹۷.....
۳۴	۲-۱-۲-۴- نکاتی در مورد ضرایب منبع نزدیک در آیین نامه یو بی سی ۹۷.....
۳۵	۲-۲-۴- آیین نامه ی نیوزیلند.....
۳۷	۱-۲-۲-۴- طیف طرح الاستیک آیین نامه نیوزیلند.....
۳۸	۲-۲-۲-۴- بحثی در مورد ضرایب نزدیک گسل.....
۳۹	۳-۲-۴- آیین نامه تایوان.....
۴۲	۱-۳-۲-۴- روش طراحی دو تراز.....
۴۲	۴-۲-۴- آیین نامه ایران.....
۴۳	۱-۴-۲-۴- طیف طرح آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش ۳.....
۴۴	۲-۴-۲-۴- طیف طرح آیین نامه ۲۸۰۰ در پیش نویس ویرایش ۴.....
۴۸	۳-۴-۲-۴- مقایسه طیف طرح در ویرایش ۳ و پیش نویس ویرایش ۴ آیین نامه ۲۸۰۰.....

۴-۳- مقایسه آیین نامه کشورهای مختلف در لحاظ اثر حوزه نزدیک ۴۹

فصل پنجم: روش پیشنهادی برای لحاظ اثر حوزه نزدیک در طیف طرح آیین نامه.. ۵۵

۵-۱- پیشگفتار ۵۴

۵-۲- بررسی طیف پاسخ طراحی در آیین نامه ۵۴

۵-۲-۱- نقطه شروع طیف ($T = 0$) ۵۵

۵-۲-۲- مرز شتاب حساس و سرعت حساس ($T = T_s$) ۵۵

۵-۲-۳- محدوده پریودهای زیاد: (مثلا $T > 3(s)$) ۵۶

۵-۲-۴- مقدار طیف در پریودهای خیلی بلند (مثلا $T > 15(s)$) ۵۶

۵-۲-۵- شکل طیف پاسخ ۵۷

۵-۳- روش پیشنهادی ارائه شده در این پایان نامه ۵۷

۵-۳-۱- نقطه شروع طیف ($T = 0$) ۵۷

۵-۳-۲- مقدار طیف در مرز شتاب حساس و سرعت حساس ۵۸

۵-۳-۳- مقدار پریود در مرز شتاب حساس و سرعت حساس ۵۸

۵-۳-۴- محدوده پریودهای زیاد (مثلا $T > 3(s)$) ۵۹

۵-۳-۵- شکل طیف پاسخ ۶۰

۵-۴- محاسبه ضرایب پیشنهادی حوزه نزدیک ۶۰

۵-۵- محدودیت های موجود در پیش بینی طیف طرح حوزه نزدیک در ایران ۶۵

فصل ششم: شبیه سازی عددی ۶۶

۶-۱- پیشگفتار ۶۷

۶-۲- مدل های استفاده شده در این تحقیق ۶۷

۶-۲-۱- مشخصات کلی سازه ها ۶۷

۶۷	۲-۲-۶- معرفی مدل‌ها.....
۶۸	۳-۲-۶- فرضیات طراحی.....
۶۸	۱-۳-۲-۶- بارگذاری.....
۶۹	۲-۳-۲-۶- مصالح و مقاطع در نظر گرفته شده.....
۷۰	۳-۳-۲-۶- قاب‌های مورد استفاده برای تحلیل آنالیز غیرخطی.....
۷۴	۳-۶- نرم‌افزار استفاده شده برای تحلیل.....
۷۵	۱-۳-۶- ویژگی‌ها.....
۷۷	۲-۳-۶- مدل‌سازی سازه‌ها.....
۷۷	۱-۲-۳-۶- هندسه مدل.....
۷۸	۲-۲-۳-۶- جرم.....
۷۸	۳-۲-۳-۶- خصوصیات مصالح.....
۷۸	۴-۲-۳-۶- مقاطع.....
۸۰	۵-۲-۳-۶- بارگذاری.....
۸۰	۶-۲-۳-۶- تحلیل.....
۸۱	۳-۳-۶- صحت‌سنجی مدل‌های ساخته شده بوسیله Opensees با نرم‌افزار Sap.....
۸۱	۱-۳-۳-۶- پریود و وزن سازه‌ها.....
۸۲	۲-۳-۳-۶- تحلیل تاریخچه زمانی خطی.....
۸۴	۴-۶- رفتار سازه‌ها تحت رکوردهای واقعی.....
۸۴	۱-۴-۶- تغییر مکان حداکثر سازه.....
۸۶	۲-۴-۶- بررسی تغییر مکان بیشینه در ارتفاع سازه.....
۸۷	۳-۴-۶- بررسی برش پایه.....
۸۹	۴-۴-۶- بررسی تغییر مکان نسبی در طبقات.....

۹۰ ۵-۶- رفتار سازه‌ها تحت رکوردهای مقیاس شده

فصل هفتم: نتایج و پیشنهادات ۹۳

۹۵ ۱-۷- نتایج گرفته شده در این تحقیق

۹۷ ۲-۷- پیشنهادهایی برای ادامه کار

پیوست ۱: رکوردهای منتخب در این تحقیق ۹۹

۱۰۰ پ ۱-۱- پیشگفتار

۱۰۰ پ ۱-۲- ضوابط انتخاب رکورد

۱۰۳ پ ۱-۳- روش مقیاس‌سازی

۱۰۳ پ ۱-۳-۱- نرمال‌سازی رکوردها

۱۰۵ پ ۱-۳-۲- مقیاس کردن رکوردهای منتخب

۱۰۵ پ ۱-۴- مجموعه رکوردهای حوزه دور

۱۱۰ پ ۱-۵- مجموعه رکوردهای حوزه نزدیک

۱۱۷ پ ۱-۶- مقایسه میان رکوردهای حوزه نزدیک و حوزه دور

منابع ۱۲۲

- شکل ۱-۱: مرکز پزشکی الیویو پس از زلزله سن فرناندو ۱۹۷۱..... ۴
- شکل ۱-۲: نقشه گسل‌های فعال تهیه شده توسط پژوهشگاه زلزله‌شناسی..... ۱۱
- شکل ۲-۲: نقشه گسل‌های ایران..... ۱۲
- شکل ۳-۲: گسل‌های فعال در استان آذربایجان شرقی..... ۱۳
- شکل ۴-۲: گسل‌های فعال در استان اصفهان..... ۱۳
- شکل ۵-۲: گسل‌های فعال در شمال ایران..... ۱۴
- شکل ۶-۲: گسل‌های فعال در استان خراسان رضوی..... ۱۵
- شکل ۷-۲: گسل‌های فعال در استان فارس..... ۱۵
- شکل ۸-۲: گسل‌های فعال در استان تهران..... ۱۶
- شکل ۹-۲: بیرون زدگی دیواره گسل نیاوران..... ۱۷
- شکل ۱۰-۲: نقشه گسل‌های تهران (قسمت شمالی)..... ۱۷
- شکل ۱۱-۲: نقشه گسل‌های تهران (قسمت جنوبی)..... ۱۸
- شکل ۱-۳: تعریف نواحی مختلف در زلزله‌های نزدیک گسل..... ۲۱
- شکل ۲-۳: تاثیر تجمع انرژی..... ۲۲
- شکل ۳-۳: رکوردهای سرعت ثبت شده در سه ناحیه مختلف (نزدیک گسل با جهت‌گیری پیشرونده، پسرونده و دور از گسل) در زلزله لندرز ۱۹۹۲..... ۲۳
- شکل ۴-۳: نمودار شماتیک نشان‌دهنده جابجایی ماندگار زمین و پالس ناشی از اثرات جهت‌گیری..... ۲۴
- شکل ۵-۳: نمودار شماتیک تاریخچه زمانی برای گسلش امتداد لغز و شیب لغز که در آن جابجایی ماندگار و پالس ناشی از جهت‌گیری با هم و جداگانه نشان داده شده‌اند..... ۲۵
- شکل ۶-۳: مقایسه مولفه‌های عمود و موازی گسل برای زلزله لندرز..... ۲۶

- شکل ۳-۷: طیف فوریه رکوردهای زلزله مورگان هیل ۱۹۸۴. ایستگاه اندرسون (ناحیه نزدیک گسل با جهت گیری پیشرونده)، ایستگاه هالزولی (ناحیه نزدیک گسل با جهت گیری پسرونده) و ایستگاه هیوارد (ناحیه دور از گسل). ۲۷
- شکل ۴-۱: طیف طرح الاستیک با و بدون لحاظ اثر حوزه نزدیک ۳۴
- شکل ۴-۲: طیف طرح آیین نامه نیوزیلند با و بدون لحاظ اثر حوزه نزدیک ۳۸
- شکل ۴-۳: شکل شماتیک منحنی شتاب طیفی آیین نامه تایوان ۴۱
- شکل ۴-۴: طیف طرح آیین نامه تایوان با و بدون لحاظ اثر حوزه نزدیک ۴۲
- شکل ۴-۵: طیف طرح الاستیک ویرایش ۳ آیین نامه ۲۸۰۰ برای انواع خاک ها ۴۴
- شکل ۱-۱: طیف طرح الاستیک پیش نویس ویرایش ۴ آیین نامه ۲۸۰۰ برای انواع خاک ها ۴۷
- شکل ۴-۷: طیف طرح الاستیک پیش نویس ویرایش ۴ آیین نامه ۲۸۰۰ با لحاظ اثر حوزه نزدیک در فواصل مختلف ۴۷
- شکل ۴-۸: طیف طرح ویرایش ۳ و ۴ آیین نامه ۲۸۰۰ برای انواع خاک ها ۴۸
- شکل ۴-۹: طیف طرح آیین نامه ویرایش ۴ با و بدون لحاظ اثر حوزه نزدیک و ویرایش ۳ ۴۹
- شکل ۴-۱۰: ضرایب حوزه نزدیک برای مناطق مختلف طیفی در آیین نامه های کشورهای مختلف ۵۰
- شکل ۴-۱۱: ضرایب حوزه نزدیک برای پریردهای خیلی بلند در فواصل مختلف از گسل ۵۰
- شکل ۴-۱۲: ضرایب حوزه نزدیک برای پریردهای متوسط به سمت بلند در فواصل مختلف از گسل ۵۱
- شکل ۴-۱۳: طیف طرح الاستیک آیین نامه های مختلف با و بدون لحاظ اثر حوزه نزدیک ۵۱
- شکل ۴-۱۴: طیف طرح همپایه شده آیین نامه های مختلف با و بدون لحاظ اثر حوزه نزدیک ۵۲
- شکل ۵-۱: طیف پاسخ طراحی آیین نامه به صورت شماتیک ۵۴
- شکل ۶-۱: تعریف شرایط غیرخطی فولاد ۷۰
- شکل ۶-۲: قاب ۳ طبقه ۷۱

- شکل ۳-۶: قاب ۷ طبقه..... ۷۲
- شکل ۴-۶: قاب ۱۵ طبقه..... ۷۳
- شکل ۵-۶: تحلیل تاریخچه زمانی خطی تغییرمکان در سازه‌ها با استفاده از هر دو نرم‌افزار..... ۸۳
- شکل ۶-۶: میانه تغییرمکان ماکزیمم در دسته‌های مختلف رکورد برای سازه ۳ طبقه..... ۸۵
- شکل ۷-۶: میانه تغییرمکان ماکزیمم در دسته‌های مختلف رکورد برای سازه ۷ طبقه..... ۸۵
- شکل ۸-۶: میانه تغییرمکان ماکزیمم در دسته‌های مختلف رکورد برای سازه ۱۵ طبقه..... ۸۵
- شکل ۹-۶: تغییرمکان بیشینه در ارتفاع در سازه ۳ طبقه..... ۸۷
- شکل ۱۰-۶: تغییرمکان بیشینه در ارتفاع در سازه ۷ طبقه..... ۸۷
- شکل ۱۱-۶: تغییرمکان بیشینه در ارتفاع در سازه ۱۵ طبقه..... ۸۷
- شکل ۱۲-۶: میانه برش پایه در دسته‌های مختلف رکورد برای سازه ۳ طبقه..... ۸۸
- شکل ۱۳-۶: میانه برش پایه در دسته‌های مختلف رکورد برای سازه ۷ طبقه..... ۸۸
- شکل ۱۴-۶: میانه برش پایه در دسته‌های مختلف رکورد برای سازه ۱۵ طبقه..... ۸۸
- شکل ۱۵-۶: میانه تغییرمکان نسبی در طبقات برای دسته‌های مختلف رکورد برای سازه ۳ طبقه..... ۹۰
- شکل ۱۶-۶: میانه تغییرمکان نسبی در طبقات برای دسته‌های مختلف رکورد برای سازه ۷ طبقه..... ۹۰
- شکل ۱۷-۶: میانه تغییرمکان نسبی در طبقات برای دسته‌های مختلف رکورد برای سازه ۱۵ طبقه..... ۹۰
- شکل ۱۸-۶: تغییرمکان بیشینه طبقات ناشی از آنالیز دینامیکی غیرخطی و آنالیز پوش‌اور برای سازه ۳ طبقه..... ۹۱
- شکل ۱۹-۶: تغییرمکان بیشینه طبقات ناشی از آنالیز دینامیکی غیرخطی و آنالیز پوش‌اور برای سازه ۷ طبقه..... ۹۱
- شکل ۲۰-۶: تغییرمکان بیشینه طبقات ناشی از آنالیز دینامیکی غیرخطی و آنالیز پوش‌اور برای سازه ۱۵ طبقه..... ۹۱

شکل ۶-۲۱: تغییر مکان نسبی طبقات ناشی از آنالیز دینامیکی غیر خطی و آنالیز پوش اور برای سازه ۳		۹۲
شکل ۶-۲۲: تغییر مکان نسبی طبقات ناشی از آنالیز دینامیکی غیر خطی و آنالیز پوش اور برای سازه ۷		۹۲
شکل ۶-۲۳: تغییر مکان نسبی طبقات ناشی از آنالیز دینامیکی غیر خطی و آنالیز پوش اور برای سازه		۹۲
۱۵ طبقه		۹۲
شکل پ ۱-۱: مقادیر بیشینه و کمینه و میانه شتاب برای هر سه دسته رکورد		۱۱۸
شکل پ ۲-۱: مقادیر بیشینه و کمینه و میانه سرعت برای هر سه دسته رکورد		۱۱۸
شکل پ ۳-۱: طیف میانه پاسخ شتاب برای هر سه دسته رکورد		۱۱۹
شکل پ ۴-۱: طیف میانه پاسخ سرعت برای هر سه دسته رکورد		۱۱۹
شکل پ ۵-۱: مقایسه ضریب حوزه نزدیک رکوردهای انتخابی و آیین نامه UBC97		۱۲۰

جدول ۱-۲: گسل‌های فعال اصلی در ایران	۱۰
جدول ۱-۴: ضریب لرزه‌خیزی منطقه	۳۱
جدول ۲-۴: ضریب زلزله C_a	۳۱
جدول ۳-۴: ضریب زلزله C_v	۳۲
جدول ۴-۴: دسته‌بندی خاک	۳۲
جدول ۵-۴: ضریب منبع نزدیک N_a	۳۲
جدول ۶-۴: ضریب منبع نزدیک N_v	۳۳
جدول ۷-۴: نوع منبع زلزله	۳۳
جدول ۸-۴: ضریب دوره بازگشت	۳۵
جدول ۹-۴: ضریب شکل طیفی	۳۶
جدول ۱۰-۴: ماکزیمم ضریب نزدیک گسل	۳۷
جدول ۱۱-۴: مقادیر شتاب طرح ریزی شده طیف پاسخ	۳۹
جدول ۱۲-۴: مقادیر ضرایب ساختگاه	۴۰
جدول ۱۳-۴: ضرایب نزدیک گسل آیین‌نامه تایوان	۴۱
جدول ۱۴-۴: پارامترهای مربوط به روابط ضریب بازتاب آیین‌نامه ایران	۴۳
جدول ۱۵-۴: پارامترهای مربوط به روابط ضریب بازتاب آیین‌نامه ایران	۴۵
جدول ۱۶-۴: اسامی گسل‌های رسمی در پیش‌نویس ویرایش چهارم	۴۶
جدول ۱-۵: پارامترهای مورد نیاز زمین برای رکوردهای حوزه نزدیک	۶۱
جدول ۲-۵: پارامترهای مورد نیاز زمین برای رکوردهای حوزه دور	۶۳
جدول ۳-۵: مقادیر میانه پارامترهای زمین برای دسته رکوردهای مختلف	۶۴
جدول ۴-۵: مقادیر ضرایب حوزه نزدیک برای دسته‌های مختلف	۶۴

جدول ۶-۱: مقایسه پریود در دو نرم افزار Sap و opensees	۸۲
جدول ۶-۲: مقایسه وزن سازه ها در دو نرم افزار Sap و opensees	۸۲
جدول ۶-۳: نسبت تغییر مکان ماکزیمم در همه دسته رکوردها به رکوردهای حوزه دور در سازه ۳	
طبقه	۸۶
جدول ۶-۴: نسبت تغییر مکان ماکزیمم در همه دسته رکوردها به رکوردهای حوزه دور در سازه ۷	
طبقه	۸۶
جدول ۶-۵: نسبت تغییر مکان ماکزیمم در همه دسته رکوردها به رکوردهای حوزه دور در سازه ۱۵	
طبقه	۸۶
جدول ۶-۶: نسبت برش پایه در همه دسته رکوردها به رکوردهای حوزه دور در سازه ۳ طبقه	۸۹
جدول ۶-۷: نسبت برش پایه در همه دسته رکوردها به رکوردهای حوزه دور در سازه ۷ طبقه	۸۹
جدول ۶-۸: نسبت برش پایه در همه دسته رکوردها به رکوردهای حوزه دور در سازه ۱۵ طبقه	۸۹
جدول پ ۱-۱: خلاصه ای از رخدادهای زمین لرزه و اطلاعات مربوط به ایستگاه های ثبت زلزله برای	
زلزله های حوزه دور	۱۰۶
جدول پ ۱-۲: خلاصه ای از نوع منبع و شرایط ساختگاه و فواصل منبع برای رکوردهای حوزه دور	۱۰۷
جدول پ ۱-۳: خلاصه ای از اطلاعات و پارامترهای ثبت شده از زمین لرزه ها در پایگاه داده پییر برای	
رکوردهای حوزه دور	۱۰۸
جدول پ ۱-۴: خلاصه ای از ضرایب استفاده شده برای نرمالایز کردن زمین لرزه ها و پارامترهای نرمالایز	
شده ی رکوردها در حوزه دور	۱۰۹
جدول پ ۱-۵: مقایسه مقادیر بیشینه و کمینه و میانگین، حداکثر سرعت و شتاب زمین بین مقادیر	
ثبت شده در رکورد و مقادیر نرمالایز شده در حوزه دور	۱۱۰

- جدول پ ۱-۶: خلاصه‌ای از رخداد‌های زمین‌لرزه و اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های ثبت زلزله برای زلزله‌های حوزه نزدیک..... ۱۱۲
- جدول پ ۱-۷: خلاصه‌ای از نوع منبع و شرایط ساختگاه و فواصل منبع برای رکوردهای حوزه نزدیک ۱۱۴
- جدول پ ۱-۸: خلاصه‌ای از اطلاعات و پارامترهای ثبت شده از زمین‌لرزه‌ها در پایگاه داده پیر برای رکوردهای حوزه نزدیک..... ۱۱۵
- جدول پ ۱-۹: خلاصه‌ای از ضرایب استفاده شده در نرمالایز کردن زمین‌لرزه‌ها و پارامترهای نرمالایز شده‌ی رکوردها در حوزه نزدیک..... ۱۱۶
- جدول پ ۱-۱۰: مقایسه مقادیر بیشینه و کمینه و میانگین، حداکثر سرعت و شتاب زمین بین مقادیر ثبت شده در رکورد و مقادیر نرمالایز شده در حوزه نزدیک..... ۱۱۷
- جدول پ ۱-۱۱: مقادیر بیشینه و کمینه و میانه پارامترهای زمین در هر سه دسته رکورد..... ۱۱۸

فصل اول

کلیات

۱-۱- پیشگفتار

بررسی و تبیین ارتعاشات نیرومند زمین در دو شاخه مهندسی سازه (دیدگاه تحلیل رفتار سازه‌ها) و مهندسی زلزله (دیدگاه تحلیلی رفتار زمین) دارای اهمیت فراوان است. شایان توجه است که برای حداقل رسانیدن خسارات حاصل از زلزله‌های بزرگ، نیازمند به تدوین، تعمیم و گسترش دیدگاه‌های تحلیلی نسبت به ارتعاشات نیرومند زمین می‌باشد. با توجه به نقشه گسل‌های فعال موجود، پراکندگی گسل‌ها در تمامی مناطق ایران به جز نواحی مرکزی مشاهده می‌شود. بیشتر شهرهای بزرگ در پای ارتفاعاتی بنا گردیده که به وسیله گسل‌های مهم و غالباً سراسری از دشت جدا شده‌اند. در مورد شهرهای کوچک و روستاها نیز چشمه‌ها و منابع آبی که عمدتاً از طریق مناطق شکسته شده و گسلی تأمین می‌شوند، عامل اصلی مکان‌گزینی آنها بوده است. لزوم بررسی زمین‌لرزه‌های روی داده در این نواحی موسوم به زلزله‌های نزدیک گسل یا حوزه نزدیک، بیش از ۶ دهه است که مورد توجه قرار گرفته است. با وجود تلاشهای گسترده در این زمینه و نتایج بدست آمده، همچنان کمبود یک الگوی مشخص و نسبتاً قطعی برای این زمین لرزه‌ها و پاسخ سازه‌ها به آنها به شدت احساس می‌گردد. زیرا در حال حاضر آیین‌نامه‌ای که جوانب مختلف این دسته از لرزشهای زمین را در برگیرد در اختیار نیست، به همین سبب بر آن شدیم تا در این مطالعه ابتدا به شناخت خصوصیات این زلزله‌ها پرداخته و سپس طیف مناسبی جهت برآورد پاسخ سازه‌ها تهیه نماییم.

۱-۲- پیشینه پژوهش

از حدود نیم‌قرن پیش زمین‌لرزه‌ها را برحسب فاصله محل ثبت رکورد تا محل گسل (محل اصلی لغزش) به دو دسته زلزله‌های حوزه نزدیک و حوزه دور تقسیم‌بندی کرده‌اند [۱]. البته بعدها این تعریف اصلاح گردید و عوامل دیگری جز فاصله نیز در این تقسیم‌بندی تاثیرگذار گشتند [۲]. اولین

رویداد زلزله نزدیک گسل در سال ۱۹۵۵ توسط بنیوف^۱ گزارش شد که حاصل از زلزله کرن کانتی، کالیفرنیا^۲ ۱۹۵۲ بود. او نشان داد که انتشار شکست گسل به عنوان یک منبع متحرک می‌تواند دو نوع متفاوت از لرزش را در دو سر ناحیه شکست ایجاد کند. پس از وقوع زلزله لندرز (۱۹۹۲)^۳، نورثریج (۱۹۹۴)^۴ و کوبه (۱۹۹۵)^۵، با توجه به خسارات و تلفات ایجاد شده در مناطق شهری که سازه‌های آنها بر اساس آیین‌نامه‌های لرزه‌ای مدرن طراحی شده بودند، بار دیگر مسئله زلزله‌های نزدیک گسل مورد توجه قرار گرفت و مطالعات در این زمینه وسعت بسیار بیشتری یافت، که تاثیر آنها را در ویرایش جدید مدارکی مانند ای تی سی ۴۰ (۱۹۹۶)^۶، جی آرای (۱۹۹۶)^۷، فیما ۲۷۳ (۱۹۹۷)^۸، یو بی سی ۹۷ (۱۹۹۷)^۹ و فیما ۳۰۲ (۱۹۹۸) می‌توان دید [۳]. پاسخ خاص سازه به یک پالس بزرگ در نزدیکی منبع لرزش نخستین بار توسط مهین^{۱۰} و برترو^{۱۱} پس از زلزله سن فرناندو (۱۹۷۱)^{۱۲} بررسی شد [۴]. آنها اشاره کردند که سازه مرکز پزشکی الیو ویو^{۱۳} خرابی زیادی ناشی از یک تحریک پالسی شدید که از خصوصیات زلزله‌های نزدیک گسل است متحمل شده است (شکل ۱-۱). مطالعات انجام شده در حوزه نزدیک را می‌توان به سه دسته عمده تقسیم‌بندی نمود. دسته اول مطالعات مربوط به شناخت خصوصیات حوزه نزدیک می‌باشد و دسته دوم تاثیر این خصوصیات بر روی سازه‌های مختلف و دسته سوم چگونگی لحاظ این اثرات در آیین‌نامه و دستورالعمل‌ها می‌باشد. با بررسی زمین‌لرزه‌ها

1 - Benioff

2 - Kern county, California 1952

3 - Landers

4 - Northridge

5 - Kobe

6 - Applied Technology Council (ATC)

7 - Japan Road Association (JRA)

8 - Federal Emergency Management Agency (FEMA)

9 - Uniform Building Code (UBC)

10 - Mahin

11 - Bertero

12 - San Fernando

13 - Olive View Medical Center

واقع شده در نزدیک گسل در بزرگی‌های متوسط و بالا ویژگی‌های متفاوت در این نوع رکوردها مشاهده می‌شود.



شکل ۱-۱: مرکز پزشکی الیووئو پس از زلزله سن فرناندو ۱۹۷۱

مهمترین ویژگی رکوردهای نزدیک گسل اثر جهت‌گیری پیش‌رونده^{۱۴} می‌باشد. اثر جهت‌گیری پیش‌رونده باعث به وجود آمدن پالس‌هایی با پریود بلند در رکورد زلزله خواهد شد. در سال‌های گذشته مطالعات زیادی به منظور شناخت و چگونگی اثر جهت‌گیری پیش‌رونده در رکوردهای زلزله انجام شده است. سامرویل^{۱۵} و همکاران (۱۹۹۷) اثر جهت‌گیری پیش‌رونده را وابسته به پارامترهای هندسی گسل نمود. ضمناً اثر جهت‌گیری پیش‌رونده بر روی دامنه و مدت زلزله تاثیر مستقیم می‌گذارد [۵]. سامرویل در سال ۱۹۹۸ با بررسی ۱۵ رکورد نزدیک گسل و ۱۲ رکورد شبیه سازی شده روابط تجربی را برای تعیین پریود پالس و دامنه بر حسب بزرگی و فاصله محاسبه نمود [۶].

14- Forward directivity

15 -Somerville

استوارت^{۱۶} به همراه همکارانش مجموعه مطالعاتی را در زمینه بررسی رکوردها و خصوصیات مختلف آنها انجام داده‌اند که تحت عنوان یکی از گزارش‌های پیر^{۱۷} منتشر شده است [۷].

علوی^{۱۸} و کراوینکلر^{۱۹} در سال ۲۰۰۱ پالس ناشی از جهت‌گیری پیش‌رونده را با پالس‌هایی بسیار ساده مدلسازی نمود و پارامترهای دامنه و پریود پالس را مطرح نمود [۸]. رودریگوئز^{۲۰} و بری^{۲۱} در سال ۲۰۰۴ به منظور بررسی چگونگی اثر جهت‌گیری پیش‌رونده بررسی جامعی را بر روی رکوردهای نزدیک گسل با لحاظ اثر خاک منطقه انجام داده و پالسی با پریود پالس و دامنه تابعی از خاک و فاصله و بزرگی ارائه داد [۹]. سامرویل در سال ۲۰۰۲ خواص جهت‌گیری پیش‌رونده را برای طراحی و محاسبه سازه‌های با پریود بلند مانند پل‌ها ارائه داد [۱۰]. در این مقاله علاوه بر پالس‌های جهت‌گیری پیش‌رونده از پالس‌های ناشی از تغییرشکل ماندگار یا فلینگ استپ^{۲۲} نیز استفاده نمود. تغییرشکل ماندگار زمین یکی دیگر از دلایل ایجاد پالس بوده که معمولاً در نواحی نزدیک گسل و در مولفه موازی گسل دیده می‌شود. کاکس^{۲۳} و اشفورد^{۲۴} با استفاده از رکوردهای موجود زلزله‌های نزدیک گسل، پالس سرعتی را برای مطالعات آزمایشگاهی ارائه نمودند که در گزارشی از مجموعه گزارش‌های پیر منتشر گردیده است [۱۱]. برای تشخیص پالس موجود در رکوردهای نزدیک گسل روش‌های متفاوتی ارائه شده است. اکثر مقالات از تشخیص چشمی پالس از روی تاریخچه زمانی سرعت و تغییرمکان استفاده می‌کنند. بیکر^{۲۵} در سال ۲۰۰۷ به منظور شناخت رکوردهای دارای پالس یا بدون پالس از رابطه زیر استفاده نمود.

16 - Stewart

17 - Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER)

18 - Alavi

19 - Krawinkler

20 - Rodriguez

21 - Bray

22 - Fling-Step

23 - Cox

24 - Ashford

25 - Baker

$$PI = \frac{1}{1 + e^{-23.3 + 14.6(PGV \text{ ratio}) + 20.5(energy \text{ ratio})}} \quad (1-1)$$

عمل جدا کردن پالس از رکورد اصلی توسط تحلیل ویولت انجام شده است [۱۲].

روش دیگر برای جداسازی پالس از روی رکورد استفاده از روش EMD می باشد که این روش توسط آگراوال^{۲۶} و همکارش در سال ۲۰۱۰ مورد استفاده قرار گرفت [۱۳]. این روش منجر به تجزیه رکورد به رکورد پالس و رکورد با محتوای فرکانسی بالا می شود. با توجه به اهمیت پالس ناشی از جهت گیری پیش رونده در تعیین پاسخ سازه ها و از طرفی سادگی تحلیل سازه ها تحت این تحریک، تحقیقات زیادی در این زمینه انجام گردیده است. علوی و کراوینکلر در سال ۲۰۰۰ با اعمال پالس بر روی سازه و بررسی پاسخ ها به این نتیجه رسید که رفتار سازه ها بستگی به نسبت $\frac{T}{T_p}$ (پریود سازه به پریود پالس) و شکل پذیری سازه ها دارد [۱۴]. آگراوال و همکارش در سال ۲۰۱۰ با اعمال پالس و رکورد اصلی بر روی سازه یکدرجه آزادی در حالت خطی و غیرخطی ثابت کردند که پاسخ پالس در اکثر پریودها توانایی تخمین پاسخ حداکثر سازه ها را دارد [۱۳]. با بررسی طیف پاسخ الاستیک و غیر الاستیک سیستم های یکدرجه آزادی تحت رکورد واقعی و پالس رکوردهای نزدیک گسل توسط مارودیس مشخص شد که پارامتر T_p ، مدت زمان پالس، تاثیر زیادی بر روی پاسخ سازه ها دارد [۱۵]. این پارامتر مستقیماً به بزرگی (M_w) و زمان خیز (τ) وابسته است. چوپرا^{۲۷} و چینتاناپاکدی^{۲۸} با مقایسه طیف پاسخ زلزله های نزدیک گسل با زمین لرزه های دور از گسل نشان دادند که محدوده حساس به سرعت در این رکوردها باریکتر بوده و به سمت پریودهای بالاتر جابجا شده است [۱۶]. ماکریس^{۲۹} و بلک^{۳۰} پاسخ غیرارتجاعی سیستم های یکدرجه آزادی با رفتارهای مختلف را در مقابل

26 -Agrawal

27 -Chopra

28 -Chintanapakde

29 -Makris

30 -Black

پالس به صورت پارامترهای بدون بعد بدست آوردند، ویژگی این روش آنست که نتایج در حضور تغییر سائز و مقیاس تغییر نمی کنند [۱۷].

حال نوبت به بررسی لحاظ اثرات حوزه نزدیک در آیین نامه های طراحی لرزه ای رسیده است. اولین آیین نامه ای که ضرایبی را برای لحاظ اثر حوزه نزدیک در طیف طرح ارائه نمود آیین نامه یو بی سی ۹۷ بود که به صورت ضرایب بزرگنمایی در طیف طرح ارائه شد [۱۸]. در سال ۲۰۰۱ جی اف چای^{۳۱} و همکاران به مطالعه چگونگی لحاظ اثرات حوزه نزدیک در آیین نامه تایوان پرداخت [۱۹]. آیین نامه نیوزیلند نیز در سال ۲۰۰۴ ضرایبی را برای لحاظ حوزه نزدیک در پیوندهای بلند برای چند گسل معروف در نظر گرفت [۲۰]. آیین نامه چین در سال ۲۰۱۰ ضرایب حوزه نزدیک را برای طراحی سازه های بنایی دارای میراگر توصیه نمود [۲۱]. آیین نامه ایران در پیش نویس نسخه جدید خود که در اواخر سال ۲۰۱۲ انتشار یافت اثر حوزه نزدیک را در طیف طرح لحاظ کرده است [۲۲]. این آیین نامه تشابه زیادی به آیین نامه نیوزیلند دارد. جینگ ژئو^{۳۲} و ژئو دانفنگ^{۳۳} در سال ۲۰۱۲ به مقایسه اثر حوزه نزدیک لحاظ شده در آیین نامه های لرزه ای کشورهای مختلف پرداختند [۲۳].

۳-۱- ساختار پایان نامه

فصل دوم این پایان نامه با بررسی گسل های فعال موجود در ایران به ضرورت بررسی اثر حوزه نزدیک در طیف طرح آیین نامه ایران می پردازد. مهمترین هدف دنبال شده در این تحقیق ارائه روشی مناسب برای لحاظ این اثر در طیف طرح آیین نامه می باشد. بدین منظور ابتدا باید شناخت کاملی از خصوصیات زلزله های حوزه نزدیک پیدا کرد که این کار در فصل سوم انجام شده است. به منظور استفاده از تجربیات دیگر کشورها در چگونگی لحاظ این اثر در فصل چهارم بررسی کاملی از تمامی کشورهایی که اثر حوزه نزدیک را به نوعی در طیف طرح خود لحاظ کرده اند، انجام شده است. بعد از

31-J-F-Chai

32 -Jing Zhou

33 -Xiaodan Fang

شناخت و بررسی لحاظ اثر نزدیک گسل در فصل پنجم روش پیشنهادی ارائه شده در این تحقیق برای در نظر گرفتن اثر حوزه نزدیک ارائه شده است. این روش تلفیقی از روش پیشنهادی در آیین نامه کشورهای مختلف می باشد که با استفاده از ضرایب تعریف شده در نواحی مختلف طیفی این اثر را در طیف طرح لحاظ می کند.

دومین هدف مهم دنبال شده در این تحقیق تاثیر زلزله حوزه نزدیک بر رفتار سازه ها می باشد. بدین منظور از سه سازه کوتاه، متوسط، بلند به منظور بررسی رفتار سازه ها تحت رکوردهای حوزه نزدیک و حوزه دور استفاده شده است. با مقایسه نتایج حاصل از رکوردهای حوزه دور و حوزه نزدیک به تفاوت های رفتاری موجود در این دسته های رکورد پی خواهیم برد. همچنین در این تحقیق از رکوردهای مقیاس شده و آنالیز پوش اور تحت سه الگوی بارگذاری برای تعمیق بیشتر بحث ها استفاده شده است.

فصل دوم

بررسی گسل‌های فعال در ایران

۱-۲- پیشگفتار

با توجه به اهمیت مکان گسل‌های فعال و فاصله‌ی سازه‌های مورد طراحی از آنها به منظور لحاظ یا عدم لحاظ اثر حوزه نزدیک، در این بخش بر آن شدیم تا گسل‌های موجود در چند شهر مهم را مورد بررسی قرار دهیم. بدین منظور در ابتدا به ارزیابی پراکندگی گسل‌های فعال در کشورمان پرداخته و در ادامه با مطالعه نقشه‌های پهنه‌بندی و ریز پهنه‌بندی موجود به بررسی فاصله شهرهای مهم از گسل می‌پردازیم. نظر به اهمیت شهر تهران بررسی مفصل‌تری را بر روی این شهر انجام می‌دهیم.

۲-۲- پراکندگی گسل‌های فعال در ایران

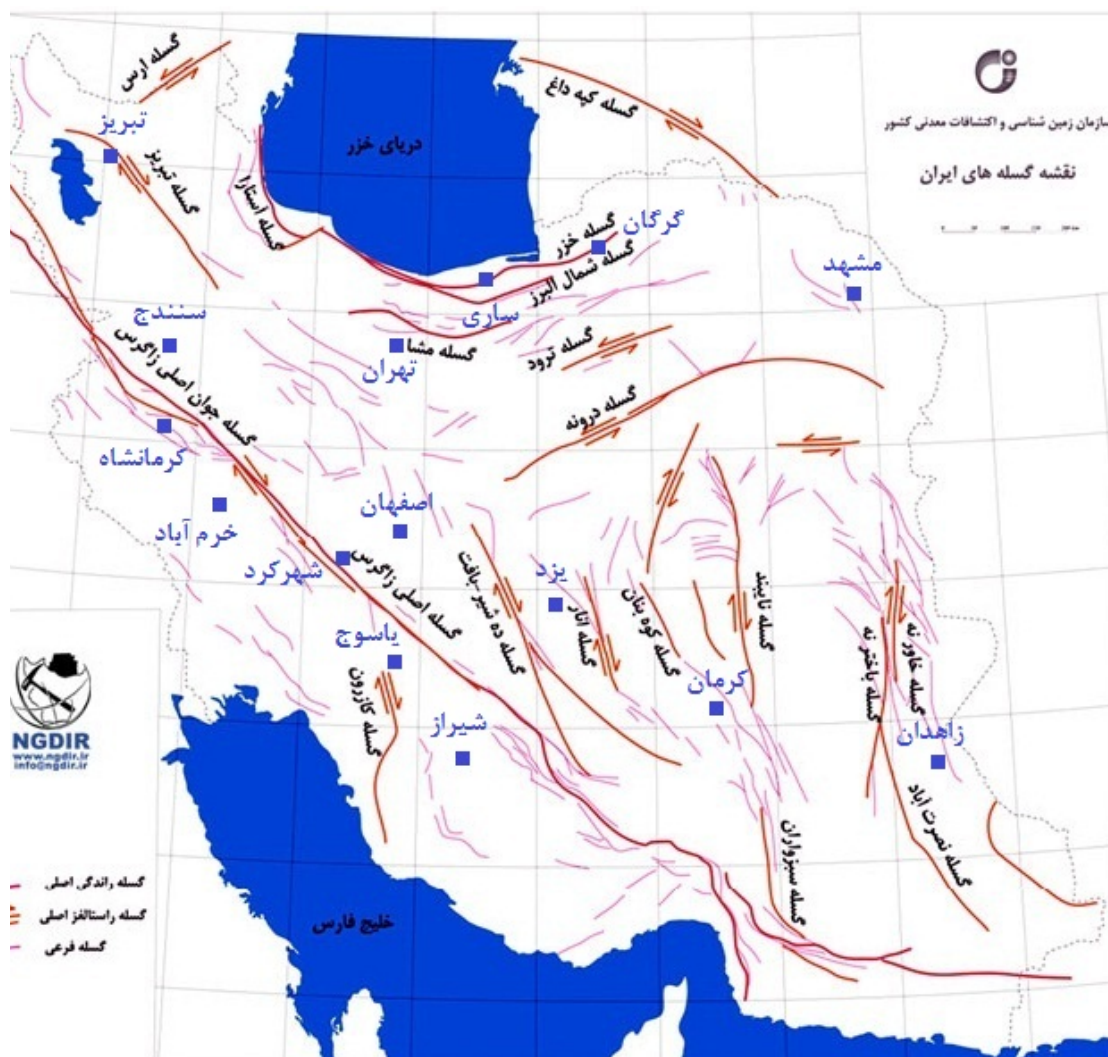
با مطالعه نقشه گسل‌های فعال تهیه شده توسط پژوهشگاه زلزله شناسی (شکل ۱-۲) و نقشه گسله‌های ایران تهیه شده توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی (شکل ۲-۲) پراکندگی گسل در تمامی مناطق ایران به غیر از مناطق مرکزی مشاهده می‌شود. همچنین با بررسی این نقشه‌ها گسل‌های فعال مهم در ایران را شناسایی کرده و اسامی آن‌ها در جدول ۱-۲ آمده است

جدول ۱-۲: گسل‌های فعال اصلی در ایران

گسل‌های فعال در ایران			
ردیف	نام گسل	ردیف	نام گسل
۱	خزر	۱۰	کازرون
۲	شمال البرز	۱۱	ده شیر بافت
۳	آستارا	۱۲	انار
۴	مشا	۱۳	کوه بنان
۵	ترود	۱۴	دردونه
۶	تبریز	۱۵	خاورنه
۷	ارس	۱۶	باختر نه
۸	جوان اصلی زاگراس	۱۷	نصرت آباد
۹	گسل اصلی زاگراس	۱۸	سبزوآران



شکل ۱-۲: نقشه گسل‌های فعال تهیه شده توسط پژوهشگاه زلزله‌شناسی



شکل ۲-۲: نقشه گسل‌های ایران

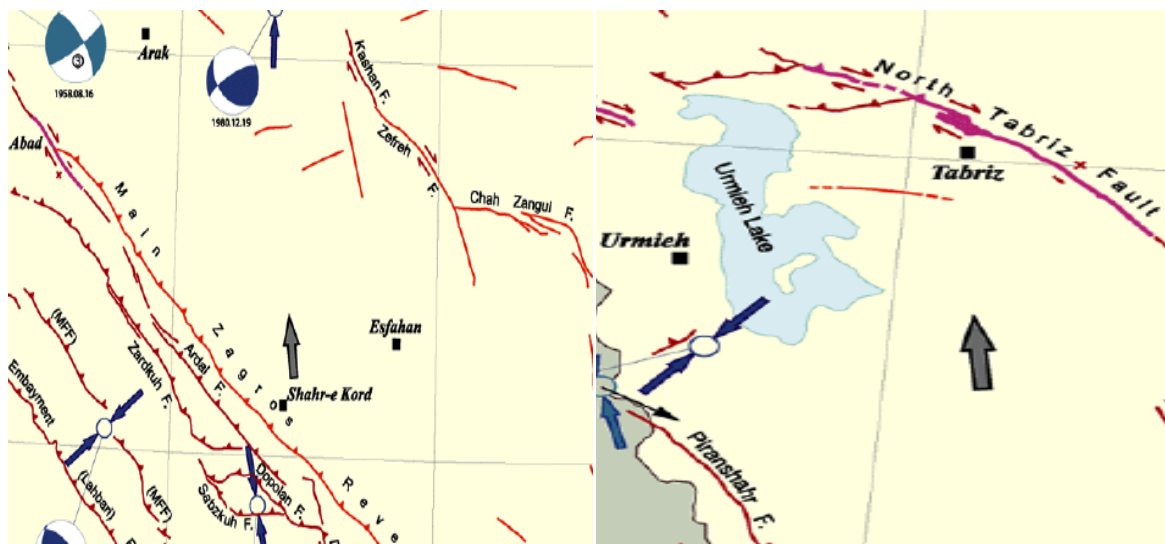
۲-۲-۱- گسل‌های فعال در تبریز

با مشاهده شکل ۲-۳، تبریز با عبور دو گسل از نزدیک آن یکی از شهرهای مهم ایران به لحاظ لرزه‌خیزی می‌باشد. این دو گسل عبارتند از گسل شمال تبریز و گسل آذرشهر که گسل شمال تبریز به طول ۲۵۰ کیلومتر می‌باشد و مهمترین گسل شمال غرب ایران محسوب می‌شود.

۲-۲-۲- گسل‌های فعال در اصفهان

با توجه به قرارگیری شهر اصفهان در مناطق مرکزی ایران گسل فعال زیادی در این مناطق دیده نمی‌شود، فاصله تقریبی نزدیکترین گسل بر این شهر بیشتر از صد کیلومتر می‌باشد. همان طور که در

شکل ۴-۲ پیداست شهر نطنز که یکی از مراکز انرژی اتمی در آنجا واقع است در نزدیکی گسل کاشان است.

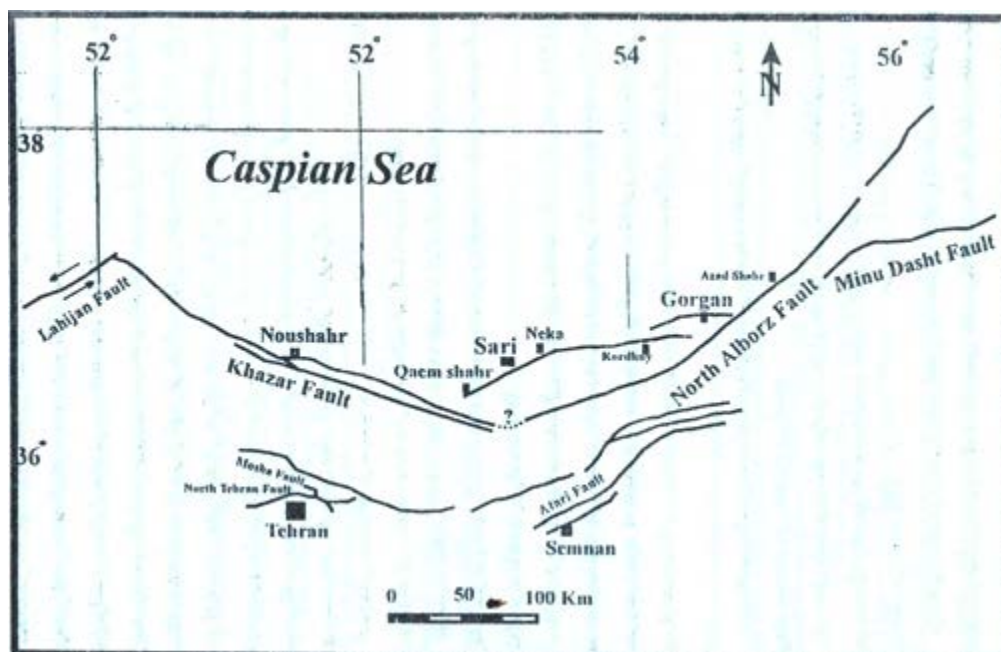


شکل ۴-۲: گسل‌های فعال در استان اصفهان

شکل ۳-۲: گسل‌های فعال در استان آذربایجان شرقی

۲-۲-۳- گسل‌های فعال در شمال ایران

اطلاعات تاریخی و زمین‌لرزه‌های ثبت شده توسط دستگاه‌های لرزه‌نگاری و نیز شواهد زمین‌شناسی همگی نشان می‌دهند که منطقه البرز در شمال ایران، یکی از مناطق فعال و لرزه‌خیز در خاورمیانه به شمار می‌آید. از مهمترین گسل‌های فعال در این منطقه می‌توان به گسل شمال البرز با طول ۳۰۰ کیلومتر که از علی‌آباد گرگان تا نزدیکی تنکابن گسترش داشته است. دیگر گسل‌های فعال در این منطقه عبارتند از گسل خزر لاهیجان تا جنوب گنبد کاووس به طول ۵۵۰ کیلومتر به موازات دریای خزر کشیده شده و گسل گرگان گسل بزرگ که طولی معادل ۴۵۰ کیلومتر را دارد از چالوس شروع شده و تا مینودشت ادامه دارد. (شکل ۵-۲)



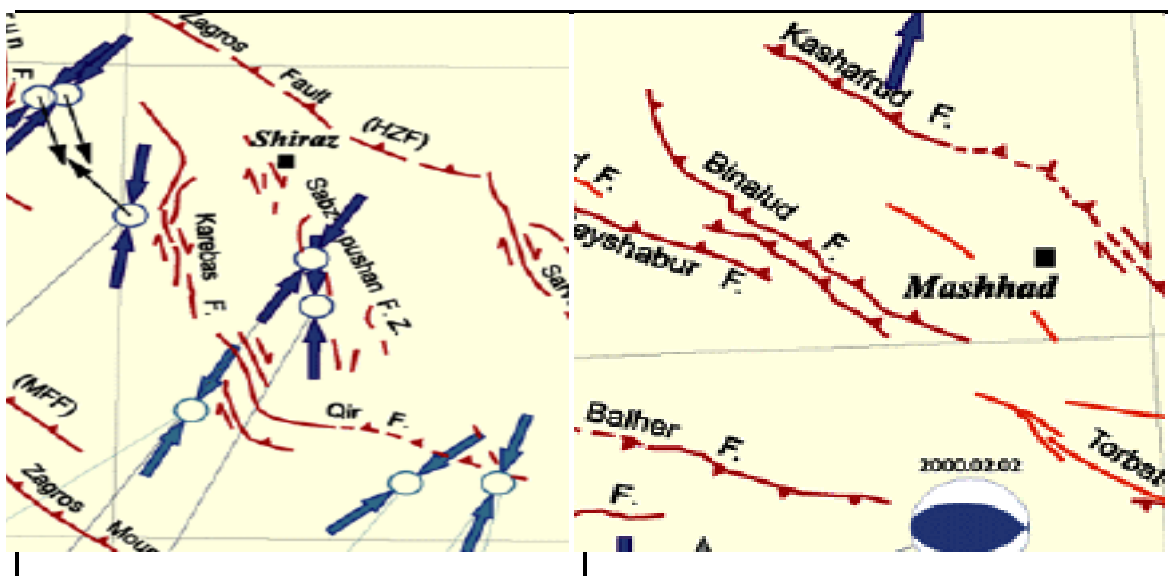
شکل ۲-۵: گسل‌های فعال در شمال ایران

۲-۲-۴- گسل‌های فعال در استان مشهد

مهمترین گسل‌های فعال در نزدیکی مشهد گسل‌های طوس و بینالود در جنوب غربی مشهد و گسل کشف‌رود در شمال شرقی مشهد واقع می‌باشد. نزدیکترین گسل به شهر مشهد گسل طوس با فاصله تقریبی کمتر از ۱۰ کیلومتر می‌باشد. (شکل ۲-۶)

۲-۲-۵- گسل‌های فعال در شیراز

با توجه به شکل ۲-۷ گسل‌های فعال اطراف شهر شیراز عبارتند از گسل بزرگ زاگرس در شمال و گسل سروستان در شرق این شهر و گسل کره‌بس در جنوب غربی، البته فاصله این گسل‌ها از شهر شیراز نسبتاً زیاد بوده و بالای ۵۰ کیلومتر می‌باشد.



شکل ۲-۷: گسل‌های فعال در استان فارس

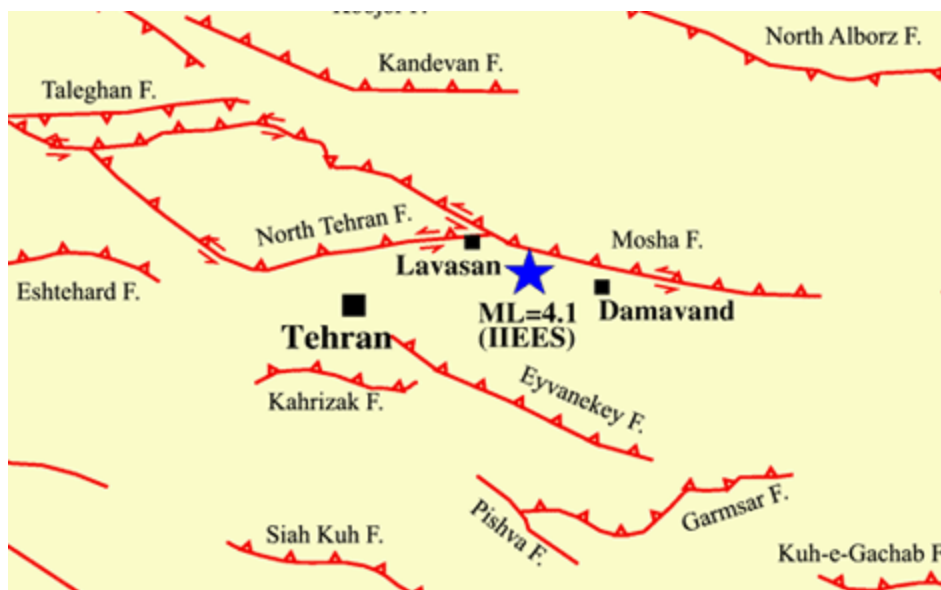
شکل ۲-۶: گسل‌های فعال در استان خراسان رضوی

۲-۲-۶- گسل‌های فعال در تهران

تهران به عنوان پرجمعیت‌ترین و مهم‌ترین شهر کشورمان به علت عبور چندین گسل از درون شهر یکی از شهرهای پرخطر به سبب لرزه‌خیزی شناخته می‌شود (شکل ۲-۸). گسل‌های فعال عبوری از این شهر عبارتند از:

- ❖ گسل شمال تهران که از لشکرگ و سوهانک شروع شده و فرحزاد و حصارک را در بر گرفته است و از آنجا به سوی غرب تهران امتداد می‌یابد. این گسل در مسیر خود از محله‌های نیاوران، تجریش عبور می‌کند
- ❖ گسل‌های شمال و جنوب ری که از جاده خاوران شروع و با گذر از دولت‌آباد و حرکت بر روی جاده کمربندی تهران در چهار دانگه به پایان می‌رسد
- ❖ گسل مشاء که این گسل از حاشیه‌های شمال و شمال شرقی شهر تهران عبور می‌کند و طول این گسل حدوداً ۴۰۰ کیلومتر می‌باشد و از شاه‌رود شروع شده و تا آبیک ادامه دارد
- ❖ گسل کوثر و شیان که در شرق تهران از حکمیه شروع و تا نارمک و از آنجا تا شیان ادامه پیدا می‌کند.

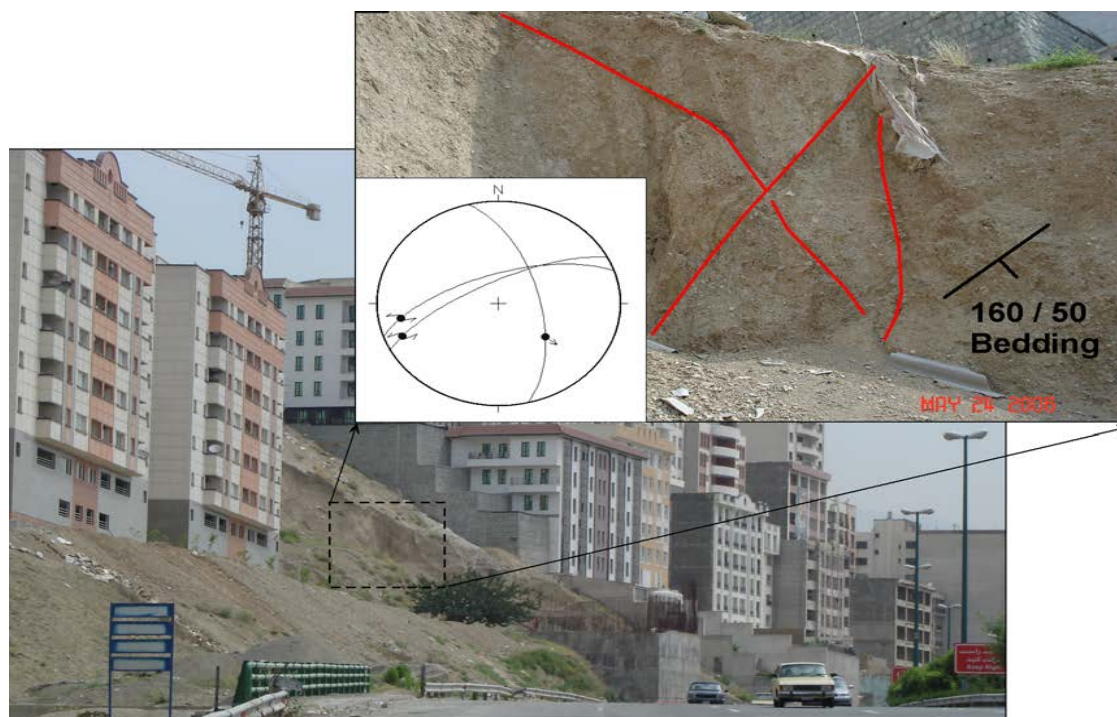
- ❖ گسل سرخه حصار که در منطقه شرق تهران امتداد پیدا می‌کند.
- ❖ گسل نیاوران که در شمال تهران در مناطق تجریش و نیاوران امتداد یافته و در آخر به گسل شمال تهران متصل می‌شود.
- ❖ گسل کهریزک در حاشیه جنوبی تهران و در نواحی بهشت زهرا تا کاشانک واقع شده است



شکل ۲-۸: گسل‌های فعال در استان تهران

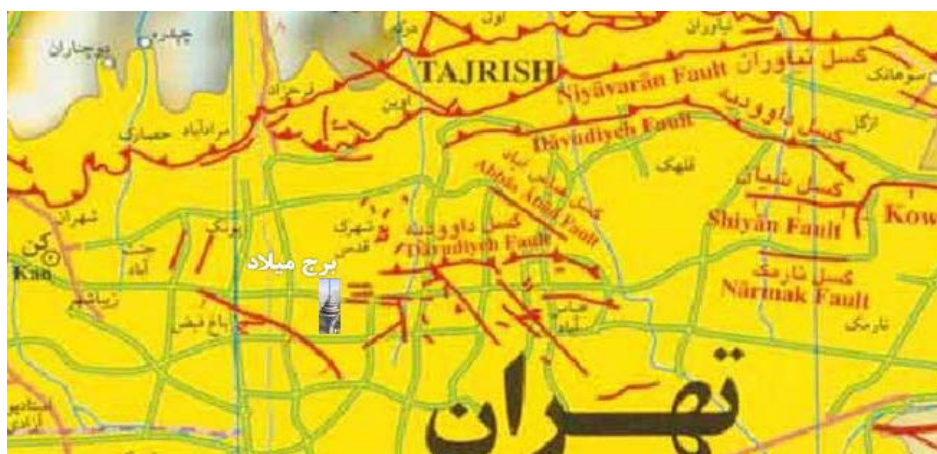
۲-۲-۶-۱- بررسی نقاط مهم تهران و فاصله آنها از کسل

با توجه به نقشه گسل‌ها برای شهر تهران که توسط مرکز زمین‌شناسی ایران تهیه شده است مشاهده می‌شود که اکثر گسل‌های مهم شهر تهران از درون این شهر عبور کرده و این نزدیکی برای گسل نیاوران در شکل ۲-۹ نمایش داده شده است. نزدیکی گسل‌ها به ساختمان‌های اطراف اهمیت بررسی حوزه نزدیک را برای ساخت و سازه‌های جدید و بررسی سازه‌های ساخته شده بیش از پیش نشان می‌دهد.

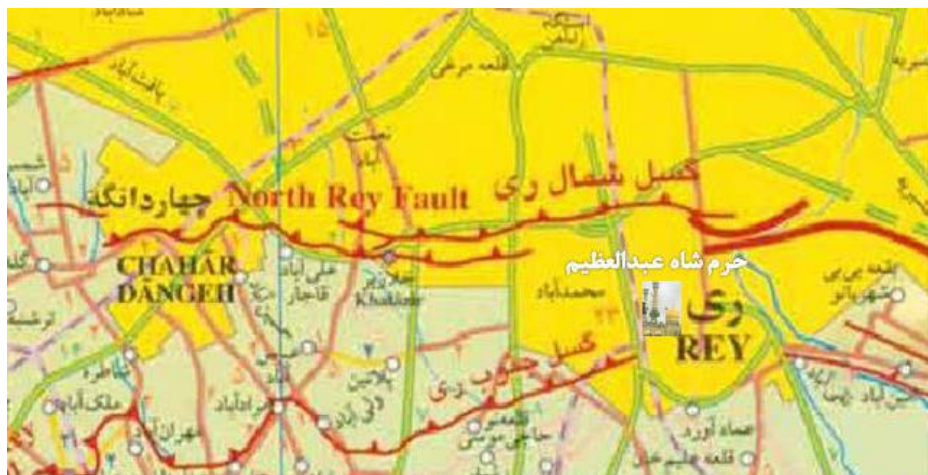


شکل ۲-۹: بیرون زدگی دیواره گسل نیاوران

شکل ۲-۱۰ و شکل ۲-۱۱ نقاط مهم تهران و فاصله آن‌ها از گسل را نشان می‌دهد. بناهای مهمی همچون برج میلاد و حرم شاه عبدالعظیم به وضوح مشخص شده است. از این اشکال می‌توان دریافت که محله‌های پر جمعیتی مانند تهرانپارس و شهر ری تجریش و... نیز در نزدیکی گسل واقع شده‌اند.



شکل ۲-۱۰: نقشه گسل‌های تهران (قسمت شمالی)



شکل ۲-۱۱: نقشه گسل‌های تهران (قسمت جنوبی)

۲-۳- نتیجه گیری

گاهی فاصله شهرها تا گسل‌ها به قدری نزدیک است که گسل‌ها نام خود را از شهرها و آبادی‌های مجاور خود به عاریه گرفته‌اند، از آن جمله می‌توان به گسل‌های اشتهارد، قم، تبریز، شهرری، کرج، شمال تهران و.... اشاره نمود. با توجه به وجود گسل‌های فعال در اکثر مناطق ایران مخصوصاً شهر تهران و با در نظر گرفتن تراکم ساخت و ساز و وجود گسل‌های متعدد در این شهرها، اکثر سازه‌ها در حریم گسل قرار می‌گیرند. این مسئله اهمیت و ضرورت بررسی زلزله حوزه نزدیک را در کشورمان بیش از پیش آشکار می‌سازد.

فصل سوم

خصوصیات زلزله‌های حوزه نزدیک

۳-۱- پیشگفتار

هر چند به طور قطعی و دقیق نمی‌توان فاصله مشخصی برای زلزله‌های حوزه نزدیک تعریف نمود، اما به طور معمول فرض می‌گردد جنبش‌های ثبت شده در فاصله ای کمتر از ۲۰ کیلومتر از محل گسیختگی و کانون زلزله، نگاشت‌های حوزه نزدیک می‌باشند. با افزایش فاصله ذکر شده همچنان که تاثیر سایر پارامترها نظیر بزرگی زلزله و شرایط محلی ساختگاه بر روی خصوصیات جنبش‌های ثبت شده افزایش می‌یابد، تاثیر خصوصیات ذاتی زلزله‌های حوزه نزدیک بر روی جنبش‌های ثبت شده کاهش می‌یابد. بنابراین همانگونه که ذکر گردید، تعیین یک فاصله کانونی دقیق برای تعریف حوزه یک کار بسیار مشکل و غیرمنطقی می‌باشد. بنابراین ارایه یک حد بالایی منطقی به نظر می‌رسد. استوارت (۲۰۰۱) محدوده‌ی فاصله ۲۰ تا ۶۰ کیلومتری از محل گسل تا ساختگاه را بعنوان محدوده بالایی پیشنهاد کرد. خصوصیات جنبش‌های حوزه نزدیک مستقیماً وابسته به مکانیزم گسیختگی، جهت گسیختگی گسل نسبت به ساختگاه و تغییرات ماندگار زمین در ساختگاه به علت حرکات تکتونیک می‌باشد [۷]. این خصوصیات عبارتند از اثر جهت‌گیری گسیختگی^{۳۴}، تغییر شکل ماندگار زمین^{۳۵} و محتوای فرکانسی بالا^{۳۶} که به تفسیر در این فصل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۳-۲- جهت‌گیری انتشار شکست

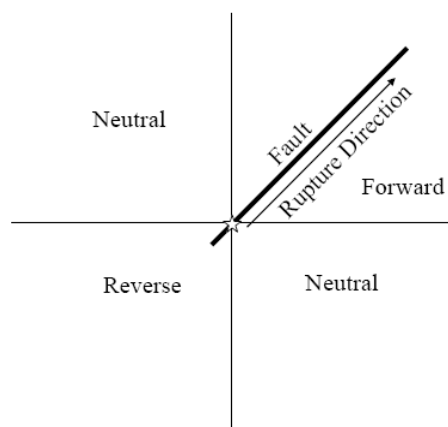
به دلیل نزدیکی محل تا گسل، رکورد حاصل از سرعت زمین به جهت اینکه نسبت به شتاب دارای پریودهای بالاتری است، در بسیاری حالات دارای شکلی پالس مانند با پریود بالا می‌باشد که یادآور تحریکی به صورت ضربه خواهد بود [۲۴]. البته چنین پالسی می‌تواند در رکورد شتاب و یا جابجایی نیز مشاهده شود، ولی یک جابجایی زیاد بدون پالس سرعت بزرگ نمی‌تواند برای سازه مخرب باشد زیرا سازه از حرکت زمین پیروی می‌نماید [۱۱]. دامنه این پالس و مدت زمان زلزله

34 - Rupture Mechanizem

35 - Fling-Step

36 - High Frequency

بستگی به جهت‌گیری انتشار شکست دارد به این معنی که اگر شکست گسل به سمت محل انتشار یابد چون سرعت انتشار شکست تقریباً با سرعت انتشار موج برشی برابر است (0.8 Vs)، موجها در یک بازه زمانی کوتاه به محل رسیده و باعث ایجاد یک پالس با دامنه زیاد و مدت زمان کم می‌شود که به این نوع شکست، شکست با جهت‌گیری پیشرونده^{۳۷} گویند. حال اگر شکست در جهت دور شدن از محل باشد، موجها به صورت پراکنده به آنجا رسیده و باعث می‌شود تا پالس ایجاد شده دامنه کمتری داشته ولی زلزله مدت زمان بیشتری یابد، که به آن، شکست با جهت‌گیری پیش‌رونده^{۳۸} می‌گویند. در حالتی که جهت‌گیری شکست طوری باشد که نه به محل نزدیک و نه از آن دور شود آن را شکست با جهت‌گیری خنثی^{۳۹} گویند [۵]. این نواحی در شکل ۳-۱ نشان داده شده‌اند.



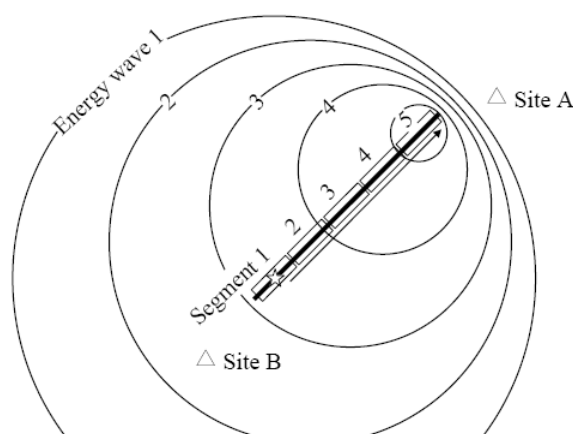
شکل ۳-۱: تعریف نواحی مختلف در زلزله‌های نزدیک گسل [۱۱]

در متون هر جا از اثرات جهت‌گیری نام برده می‌شود معمولاً منظور جهت‌گیری پیشرونده می‌باشد. در شکل ۳-۲ می‌توان مشاهده نمود که جبهه‌های انرژی حاصل از شکست نواحی مختلف گسل تقریباً در یک زمان به ناحیه A رسیده و رکوردی با دوره زمانی کوتاه ولی دامنه زیاد ایجاد می‌نماید. حال آنکه مکان B انرژی بخشهای مختلف را در زمانهای متفاوت تجربه نموده و رکوردی با دوره زمانی زیاد ولی دامنه کم را ثبت می‌کند [۱۱].

37 - Forward Directivity

38 - Backward(Reverse) Directivity

39 - Neutral Directivity



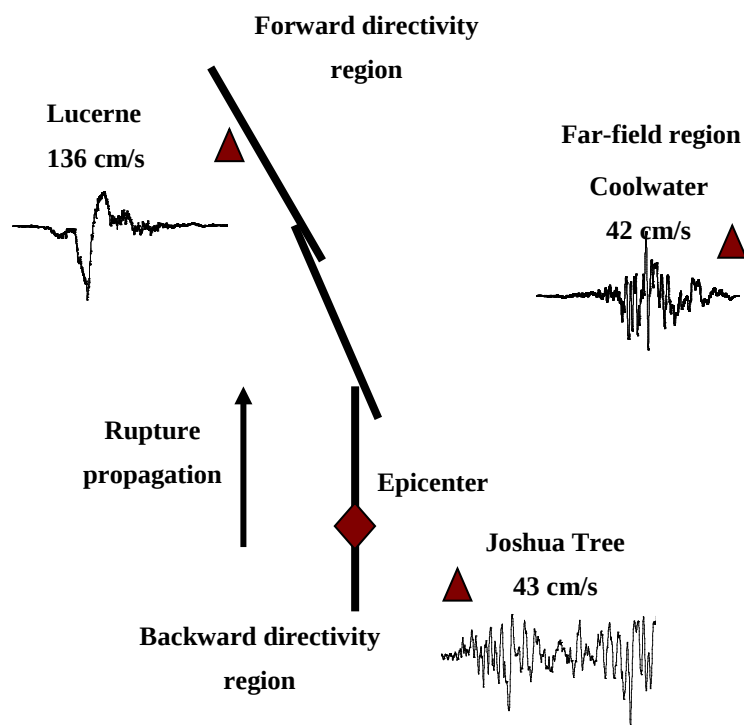
شکل ۳-۲: تاثیر تجمع انرژی [۱۱]

جهت‌گیری پیشرونده برای هر دو نوع مکانیزم شکست یعنی امتداد لغز^{۴۰} و شیب لغز^{۴۱} می‌تواند رخ دهد. در امتداد لغزها، جهت‌گیری پیشرونده برای محلهایی که در یک انتهای گسل قرار داشته، هنگامی که جبهه لغزش^{۴۲} به سمت آن محل حرکت می‌کند، بیشتر است. در مورد گسل‌های شیب لغز، این پدیده برای نقاط قرار گرفته بر روی قسمت بالا رونده، رخ می‌دهد. الگوی تشعشعی تغییر شکلهای برشی روی صفحه گسل سبب می‌شود تا این حرکت پالس مانند در جهت عمود بر صفحه گسل جهت‌گیری نماید.

شکل (۳) تاریخچه زمانی مربوط به سرعت زمین در زلزله لندرز (۱۹۹۲) را در سه ایستگاه کول‌واتر^{۴۳} در فاصله ۲۲ کیلومتری از گسل (ناحیه دور از گسل)، جاشواتری^{۴۴} در فاصله ۱۱ کیلومتری از گسل (ناحیه نزدیک گسل اما قرار گرفته در منطقه با جهت‌گیری پسرونده) و لوکرن^{۴۵} در فاصله ۱ کیلومتری کیلومتری از سطح گسل (ناحیه با جهت‌گیری پیشرونده) را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، رکورد دور از گسل به سبب فاصله نسبتاً زیاد تا مرکز زلزله و رکورد نزدیک گسل با

40 - Strike-Slip
41 - Dip-Slip
42 - Rupture Front
43 - Coolwater
44 - Joshua Tree
45 - Lucerne

جهت‌گیری پسونده به سبب عدم برقراری شرایط هندسی لازم فاقد پالس می‌باشند. حال آنکه در رکورد سرعت ثبت شده در ایستگاه لوکرن یک پالس واضح قابل مشاهده است [۵].



شکل ۳-۳: رکوردهای سرعت ثبت شده در سه ناحیه مختلف (نزدیک گسل با جهت‌گیری پیشرونده، پسونده و دور از

گسل) در زلزله لندرز ۱۹۹۲ [۵]

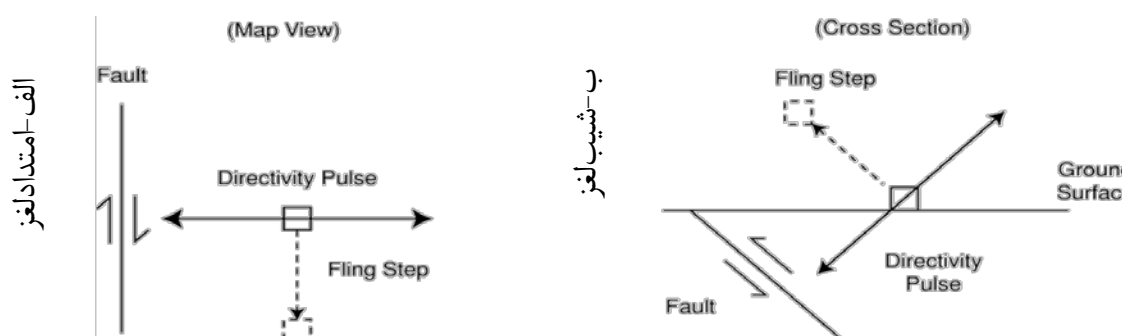
۳ لازم به ذکر است حتی زمانی که شرایط هندسی برای جهت‌گیری پیشرونده فراهم باشد، ممکن است آثار ناشی از آن دیده نشود. زیرا ممکن است سایت در انتهای گسل باشد و شکست هم به سمت آن نقطه پیش رود ولی لغزش اصلی در همان محل سایت رخ دهد. برعکس در شرایطی که پارامترهای هندسی فراهم نباشد هم ممکن است اثرات جهت‌گیری پیشرونده رخ دهد. بطور مثال برای گسل امتداد لغز که زیر مرکز^{۴۶} آن در عمق قرار دارد و روند شکست به سمت سطح پیش می‌رود، اگر سایت در نزدیکی رومرکز باشد پدیده جهت‌گیری پیشرونده رخ می‌دهد [۵].

۳-۳- جابجایی ماندگار زمین

حرکات پالسی می‌توانند توسط جابجایی ماندگار زمین ناشی از شکست سطحی (فلینگ استپ^{۴۷}) نیز تولید شوند. این پالسها با پالسهای ناشی از جهت‌گیری پیشرونده متفاوت هستند. جهت‌گیری پیشرونده یک پدیده دینامیکی است که در اکثر موارد جابجائی دائم ایجاد نمی‌کند، بنابراین رکورد سرعت آن حاوی پالسهای دو جهته می‌باشد در حالیکه فلینگ استپ دارای رکورد سرعت با پالس یکطرفه بوده که حاصل آن جابجایی دائم زمین می‌باشد [۲۴].

شکل ۳-۴ چگونگی حرکت دینامیکی و جابجایی ماندگار زمین نزدیک گسل را نشان می‌دهد. در قسمت (الف)، گسل از نوع امتداد لغز دیده می‌شود. پالس ناشی از اثر جهت‌گیری، در راستای عمود بر

امتداد

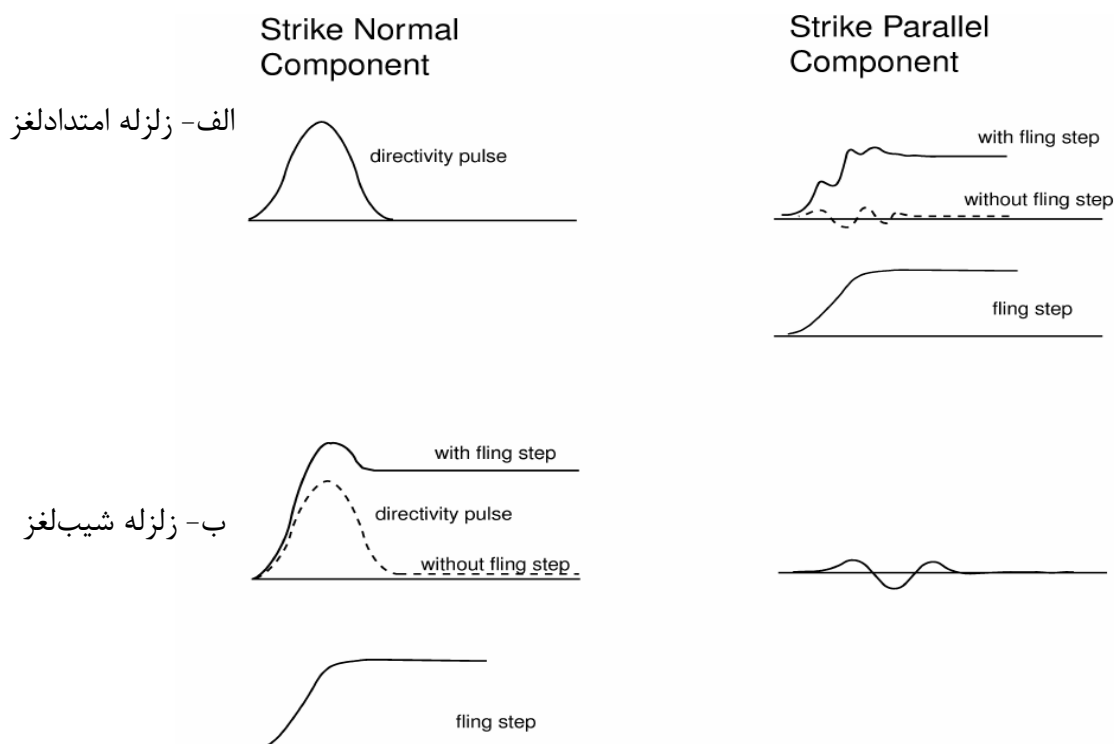


شکل ۳-۴: نمودار شماتیک نشان‌دهنده جابجایی ماندگار زمین و پالس ناشی از اثرات جهت‌گیری [۷]

لغزش قرار دارد و جابجایی ماندگار زمین موازی با لغزش می‌باشد. قسمت (ب)، گسل شیب لغز را نشان می‌دهد. پالس ناشی از اثر جهت‌گیری، در راستای عمود بر شیب گسل قرار دارد و دارای مولفه‌های افقی و عمودی است. اما جابجایی ماندگار در راستای موازی با شیب گسل و دو مولفه افقی و عمودی دارد [۷].

۳-۴- ترکیب اثرات جهت‌گیری و تغییر مکان دائمی زمین

در شکل ۳-۵، قسمتی از جنبش دینامیکی نشان داده شده است که با پالس ناشی از جهت‌گیری شکست و جابجایی ماندگار زمین تعریف می‌شود. در قسمت الف دو مولفه زلزله امتداد لغز نشان داده شده است. در شکل سمت چپ که مربوط به مولفه عمود بر گسل می‌باشد، پالس حاصل از جهت‌گیری همانگونه که

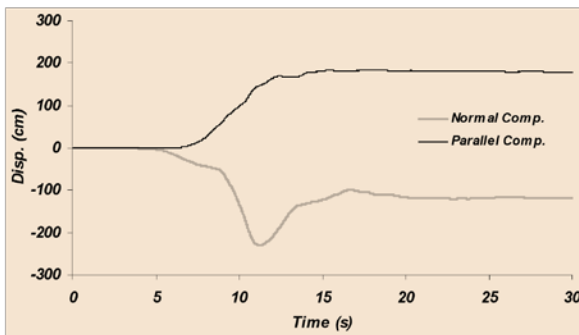


شکل ۳-۵: نمودار شماتیک تاریخچه زمانی برای گسلش امتداد لغز و شیب لغز که در آن جابجایی ماندگار و پالس

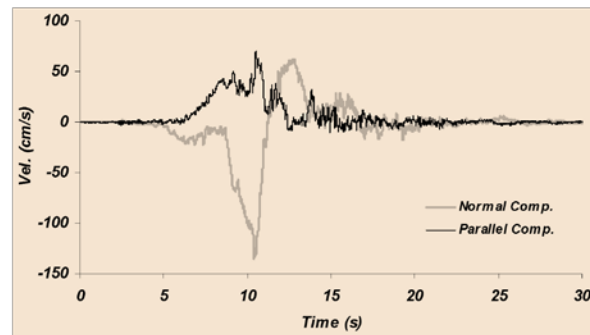
ناشی از جهت‌گیری با هم و جداگانه نشان داده شده‌اند [۷]

پیش از این در شکل ۳-۴ الف نشان داده شد موجود می‌باشد ولی جابجایی ماندگار زمین وجود ندارد در حالیکه در شکل سمت راست که مربوط به مولفه موازی گسل است پالسی دیده نشده و فقط جابجایی ماندگار زمین به همراه نوسانات دینامیکی ضعیف زمین دیده می‌شود. در این مولفه اگر فلینگ استپ حذف شود جنبش دینامیکی اندکی باقی می‌ماند. بنابراین در زلزله‌های امتداد لغز حرکات ماندگار و دینامیکی زمین با هم جمع نمی‌شوند زیرا در راستاهای مختلفی رخ می‌دهند.

خلاف این وضعیت در شکل ۳-۵-ب که زلزله شیب‌لغز را نشان می‌دهد دیده می‌شود با این تفاوت که در این نوع گسلش، دو مولفه به صورت عمود و موازی به همان صورت ذکر شده در فوق معنی ندارد. در تصویر سمت راست جهتی دیده می‌شود که فقط حرکات دینامیکی ضعیف زمین دیده می‌شود حال آنکه در شکل سمت چپ هر دو اثر جابجایی ماندگار و پالس به صورت همزمان وارد شده‌اند که نشان می‌دهد در این نوع لغزشها، هر دو اثر با هم ترکیب می‌شوند. اثرات ناشی از جهت‌گیری و جابجایی ماندگار زمین



ب- تاریخچه زمانی جابجایی زلزله لندرز برای دو مولفه عمود و موازی با گسل، ثبت شده در ایستگاه لوکرن.



الف - تاریخچه زمانی سرعت زلزله لندرز برای دو مولفه عمود و موازی با گسل، ثبت شده در ایستگاه لوکرن.

شکل ۳-۶: مقایسه مولفه‌های عمود و موازی گسل برای زلزله لندرز

که در بالا ذکر شد، برای مولفه‌های عمودی و موازی گسل زلزله لندرز (۱۹۹۲) که از نوع امتداد لغز می‌باشد در شکل ۳-۶ نشان داده شده است. شکل ۳-۶-الف تاریخچه زمانی سرعت مربوط به این زلزله که در ایستگاه لوکرن^{۴۸} ثبت شده است را نشان می‌دهد. شکل ۳-۶-ب رکورد جابجایی زمین در همین ایستگاه را نشان می‌دهد. همانگونه که مورد انتظار است و پیش از این نیز اشاره شد، رکورد سرعت مولفه موازی گسل علامت یکسان داشته که این امر باعث ایجاد یک جابجایی ماندگار در زمین شده است. ولی رکورد سرعت مولفه عمود بر گسل دارای نوسانات دو طرفه و پالس مانند است (اثر جهت‌گیری پیشرونده) که باعث ایجاد یک نقطه اوج در رکورد جابجایی می‌شود.

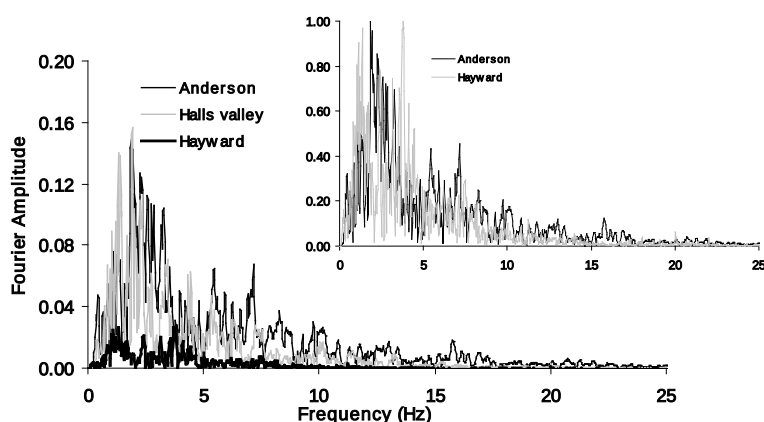
⁴⁸ - Lucerne

۳-۵- محتوای فرکانسی بالا

به هنگام ایجاد یک شکست در گسل، موجهای مختلفی با فرکانسها و دامنه‌های متفاوت از منبع

منتش

می شوند. این امواج در تمام جهات از منبع دور شده و با فاصله گرفتن از آن تعدادی از آنها میرا می گردند. تاثیر این میرایی بر فرکانسهای بالا بیشتر بوده و موجب می گردد رکوردهای ثبت شده در فواصل دور از گسل در تمام فرکانسها از لحاظ دامنه کاهش محسوسی داشته ، ولی این کاهش در فرکانسهای بالا بسیار بیشتر مشاهده گردد. برای مقایسه، طیف فوریه سه رکورد زلزله مورگان هیل (۱۹۸۴) در شکل ۳-۷ ارائه شده است. ایستگاه اندرسون در ناحیه نزدیک گسل با جهت گیری پیشرونده و ایستگاه هالزولی در نزدیکی گسل ولی در محدوده با جهت گیری پسرونده قرار گرفته است. رکورد ثبت



شکل ۳-۷: طیف فوریه رکوردهای زلزله مورگان هیل ۱۹۸۴. ایستگاه اندرسون (ناحیه نزدیک گسل با جهت گیری پیشرونده)، ایستگاه هالزولی (ناحیه نزدیک گسل با جهت گیری پسرونده) و ایستگاه هیوارد (ناحیه دور از گسل). شده در ایستگاه هیوارد نیز در فاصله ۵۸ کیلومتری از گسل قرار داشته و نمایانگر ناحیه دور از گسل می باشد. همانگونه که مشاهده می گردد هر دو رکورد ثبت شده در ناحیه نزدیک گسل (اندرسون و هالزولی) به سبب داشتن فاصله تقریباً مساوی تا محل انتشار، دارای دامنه بسیار بالاتری نسبت به رکورد ثبت شده دور از گسل (هیوارد) می باشند، ضمناً مشاهده می شود که محتوای فرکانسی مستقل

از موقعیت هندسی ایستگاه نسبت به منبع بوده و فقط متأثر از فاصله است. برای مشاهده تاثیر فاصله بر میرا شدن بیشتر فرکانسهای بالا، شکل کوچک، نمودار نرمال شده رکورد ایستگاه اندرسون و هیوارد را نشان می‌دهد

همچنان که دیده می‌شود فرکانسهای بالاتر از ۱۰ هرتز در رکورد هیوارد به سبب فاصله زیاد تا منبع انتشار موج به شدت میرا شده‌اند.

۳-۶- مشخصات رکوردهای حوزه نزدیک

همانطور که قبلاً ذکر گردید به دلیل خواص امواج برشی و تجمع آثار این امواج در قسمت جلوی مسیر گسیختگی باعث بوجود آمدن تفاوت‌های شرح داده شده در ادامه بین رکوردهای حوزه نزدیک و حوزه دور می‌شود

۰ وجود بیشینه شتاب و بیشینه سرعت و جابجایی بالا در رکوردهای حوزه نزدیک نسبت به حوزه دور

۰ نسبت بالای PGV / PGA در رکوردهای حوزه نزدیک نسبت به رکوردهای حوزه دور

۰ نسبت پایین PGD / PGV در رکوردهای حوزه نزدیک نسبت به رکوردهای حوزه دور

۰ تفاوت در مولفه‌های رکوردهای تاریخچه زمانی بین مولفه عمود بر گسل نسبت به مولفه

موازی گسل که مولفه عمود بر گسل به مراتب بزرگتر از مولفه موازی گسل می‌باشد.

فصل چهارم

اثر حوزه نزدیک در آیین‌نامه کشورهای مختلف دنیا

۴-۱- پیشگفتار

با توجه به بررسی اهمیت اثر حوزه نزدیک و خصوصیات آن در فصول قبلی، در این فصل می‌خواهیم به مطالعه آیین‌نامه‌های ساختمانی و چگونگی لحاظ این اثر در طیف طرح بپردازیم. بدین منظور در ابتدا به بررسی آیین‌نامه‌های مختلف پرداخته که در بین این استانداردها، آیین‌نامه‌های طرح لرزه‌ای آمریکا در سال ۱۹۹۷، تایوان ۲۰۰۰، نیوزیلند ۲۰۰۴ و پیش‌نویس ایران ۲۰۱۲ به دلیل لحاظ مستقیم این اثر در طیف طرح از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند. در ادامه به مقایسه اثرات آیین‌نامه‌های مختلف در چگونگی لحاظ این اثر پرداخته می‌شود.

۴-۲- بررسی آیین‌نامه‌های طرح لرزه‌ای کشورهای مختلف

در آیین‌نامه‌های کشورهای پرو در سال ۲۰۰۳ [۲۵]، ترکیه در سال ۱۹۹۷ [۲۶]، هند در سال ۲۰۰۵ [۲۷]، عربستان در سال ۲۰۰۷ [۲۸]، یوروکد در سال ۱۹۹۸ [۲۹]، آیین‌نامه ایران در سال ۲۰۰۵ [۳۰] اثری از لحاظ ضریب حوزه نزدیک مشاهده نمی‌شود. آیین‌نامه ژاپن در سال ۲۰۰۰ [۳۱]، آیین‌نامه آمریکا ۲۰۰۵ [۳۲] اثر نزدیک گسل را در پهنه‌بندی لرزه‌ای لحاظ می‌کنند. در حالی که در آیین‌نامه آمریکا در سال ۱۹۹۷ [۱۸]، آیین‌نامه نیوزیلند در سال ۲۰۰۲ [۲۰] و آیین‌نامه تایوان در سال ۲۰۰۵ [۳۳] این اثر در طیف طرح لحاظ شده است.

۴-۲-۱- یو بی سی ۹۷

این آیین‌نامه مناطق لرزه‌خیز را بر اساس جدول ۴-۱ به پنج قسمت تقسیم کرده است و برای هر منطقه حداکثر اوج شتاب زمین را تعیین کرده است. البته اثر حوزه نزدیک فقط در ناحیه‌ی با خطر

پذیری خیلی زیاد $Z = 0.4$ تحت عنوان ضریب منبع نزدیک^{۵۰} لحاظ شده است. ضرایب در نظر گرفته

شده برای لحاظ اثرات حوزه نزدیک در یو بی سی ۹۷ عبارتند از :

N_a : ضریب منبع نزدیک که در ناحیه‌ی شتاب حساس تاثیرگذار است

N_v : ضریب منبع نزدیک که در ناحیه‌ی سرعت حساس تاثیرگذار می‌باشد.

جدول ۴-۱: ضریب لرزه‌خیزی منطقه

ناحیه	1	2A	2B	3	4
Z	0.075	0.15	0.2	0.3	0.4

۴-۱-۱-۲-۱- طیف طرح الاستیک یو بی سی ۹۷

برای رسم طیف طرح الاستیک ابتدا باید مقادیر ضرایب زلزله^{۵۱} (C_v و C_a) مشخص شود. ضرایب

زلزله مطابق با جدول ۴-۲ و جدول ۴-۳ وابسته به نوع خاک و میزان خطر پذیری می‌باشد. همچنین

خاک‌ها بر اساس سرعت موج برشی در

جدول ۴-۴ به ۵ دسته تقسیم می‌شوند. برای لحاظ اثر حوزه نزدیک نیز مقادیر N_a و N_v را به

ترتیب از

جدول ۴-۵ و جدول ۴-۶ استخراج می‌کنیم.

جدول ۴-۲: ضریب زلزله C_a

نوع پروفیل خاک	ضریب مناطق لرزه‌خیز، Z				
	Z=0.075	Z=0.16	Z=0.2	Z=0.3	Z=0.4
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24	$0.32N_a$
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30	$0.40N_a$
S_C	0.09	0.18	0.24	0.33	$0.40N_a$

50- NearSource

51 -Seismic Coffecient

S_D	0.12	0.22	0.28	0.36	$0.44N_a$
S_E	0.19	0.30	0.34	0.36	$0.36N_a$
S_F	با توجه به خاک محل تعیین می‌شود				

جدول ۴-۳: ضریب زلزله C_v

نوع پروفیل خاک	ضریب مناطق لرزه خیز، Z				
	$Z=0.075$	$Z=0.16$	$Z=0.2$	$Z=0.3$	$Z=0.4$
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24	$0.32N_v$
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30	$0.40N_v$
S_C	0.13	0.25	0.32	0.45	$0.56N_v$
S_D	0.18	0.32	0.40	0.54	$0.64N_v$
S_E	0.26	0.50	0.64	0.84	$0.96N_v$
S_F	با توجه به خاک محل تعیین می‌شود				

جدول ۴-۴: دسته‌بندی خاک

نوع پروفیل خاک	نام پروفیل خاک/توصیف عمومی	خواص متوسط خاک برای عمق 3048 mm از پروفیل خاک		
		سرعت موج برشی V_s (m/s)	آزمایش نفوذ استاندارد N (یا N_{CH} برای خاک چسبنده)	مقاومت برشی غیر زهکشی شده (kpa)
S_A	سنگ سخت	> 1500	----	---
S_B	سنگ	760 تا 1500		
S_C	خاک بسیار متراکم یا سنگ نرم	360 تا 760	> 50	> 100
S_D	پروفیل خاک سفت	180 تا 360	15 تا 50	50 تا 100
S_E	پروفیل خاک نرم	< 180	< 15	< 50
S_F	این خاک نیاز به محاسبه خاک محل دارد			

جدول ۴-۵: ضریب منبع نزدیک N_a

نوع منبع زلزله	نزدیکترین فاصله به منبع شناخته شده زلزله		
	≤ 2 km	5 km	≥ 10 km
A	1.5	1.2	1.0
B	1.3	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

ضرایب منبع نزدیک طبق

جدول ۴-۷ بستگی به بزرگی زلزله و میزان فعالیت گسل دارند.

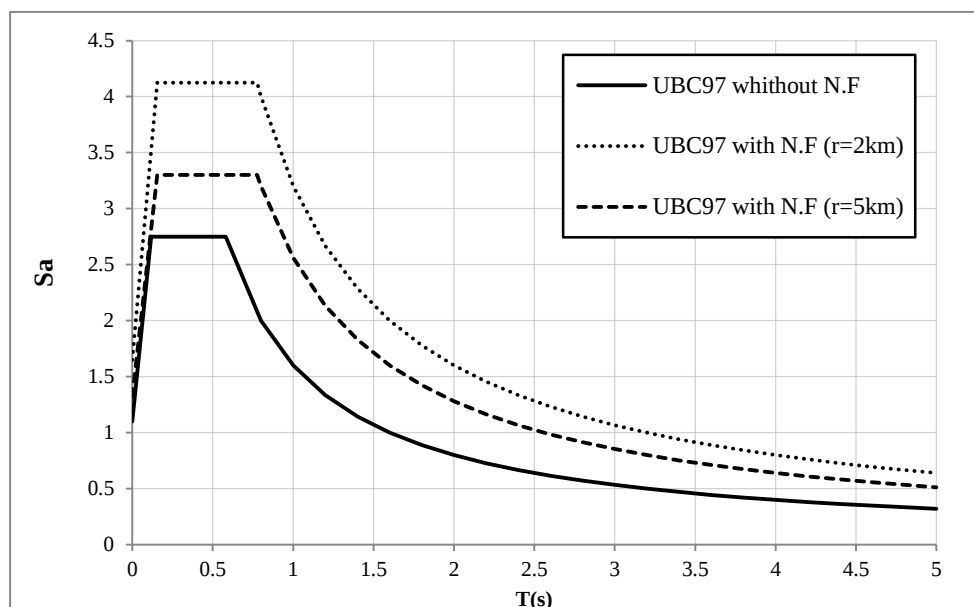
جدول ۴-۶: ضریب منبع نزدیک N_v

نوع منبع زلزله	نزدیکترین فاصله به منبع شناخته شده زلزله			
	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	2.0	1.6	1.2	1.0
B	1.6	1.2	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

جدول ۴-۷: نوع منبع زلزله

نوع منبع زلزله	توصیف منبع زلزله	فعالیت گسل	
		بزرگی لنگر ماکزیمم M	سرعت لغزش (mm/year)
A	گسل‌هایی که توانایی تولید زلزله‌های قوی و نسبت فعالیت لرزه‌خیزی بالا دارند	$M \geq 7.0$	$SR \geq 5$
B	همه گسل‌ها که جزو دسته A و B نیستند	$M \geq 7.0$ $M < 7.0$ $M \geq 6.5$	$SR < 5$ $SR > 2$ $SR < 2$
C	گسل‌هایی که توانایی تولید زلزله‌های قوی ندارند و نسبت فعالیت لرزه‌خیزی کمی دارند	$M < 6.5$	$SR \leq 2$

چون اثر زلزله حوزه نزدیک فقط در ناحیه‌ی $Z = 0.4$ در نظر گرفته می‌شود، محاسبات طیف طرح الاستیک را در منطقه ۴ و با خاک نوع S_D (خاک نرم) که سرعت موج برشی آن $180 < V_s < 360$ می‌باشد انجام می‌دهیم، ضریب اهمیت ساختمان $I = 1$ برای ساختمان‌های مسکونی در نظر گرفته شده است. اثر نزدیک منبع را برای فواصل کمتر از ۲ کیلومتر و ۵ کیلومتر بررسی می‌نماییم. طیف طرح الاستیک بدون لحاظ اثر حوزه نزدیک و با لحاظ اثر نزدیک برای فواصل بیان شده در شکل ۴-۱ نمایش داده شده است.



شکل ۴-۱: طیف طرح الاستیک با و بدون لحاظ اثر حوزه نزدیک

۴-۲-۱-۲- نکاتی در مورد ضرایب منبع نزدیک در آیین‌نامه یوبی‌سی ۹۷

۱. هر دو ضریب منبع نزدیک N_a و N_v با نزدیک شدن به منبع زلزله افزایش می‌یابند، علت

این مساله افزایش اثر جهت‌گیری در نواحی نزدیک‌تر به منبع زلزله می‌باشد.

۲. اثر حوزه نزدیک برای N_a تا فاصله ماکزیمم ۱۰ کیلومتر و برای N_v تا فاصله ماکزیمم ۱۵

کیلومتر از گسل در نظر گرفته می‌شود و در فواصل دورتر این ضرایب را برابر یک در نظر می‌گیریم.

۳. هر چه گسل پتانسیل بیشتری به لحاظ تولید زلزله‌های قوی‌تر داشته باشد مقادیر ضرایب

N_a و N_v بیشتر افزایش می‌یابد.

۴. ضریب N_a دارای مقادیری کمتری نسبت به ضریب N_v می‌باشد، علت این امر بیشتر نمایان

شدن اثر حوزه‌ی نزدیک در پریودهای بالاتر یا ناحیه‌ی سرعت حساس می‌باشد.

۴-۲-۲- آیین‌نامه‌ی نیوزیلند

آیین‌نامه‌ی نیوزیلند طیف خطر الاستیک برای بارهای افقی (جانبی) را به صورت زیر در رابطه (۴-۱) بیان می‌کند:

$$C(T) = C_h(T) \cdot Z \cdot R \cdot N(T, D) \quad (۴-۱)$$

$C(T)$: طیف خطر الاستیک

Z : ضریب خطر نام دارد و بستگی به قرارگیری شهر در مناطق مختلف لرزه‌خیزی دارد. کمترین مقدار برای ضریب خطر $Z = 0.13g$ و بیشترین مقدار آن $Z = 0.6g$ در آیین‌نامه می‌باشد. این ضرایب همانند ضریب A (نسبت شتاب مبنای طرح) در آیین‌نامه‌ی زلزله ایران می‌باشد.

R : ضریب دوره بازگشت نام دارد که با توجه به اهمیت ساختمان و عمر مفید آن احتمال فراگذشت سالیانه انتخاب شده و با توجه به جدول ۴-۸ می‌توان ضریب دوره بازگشت را تعیین نمود. مقدار $Z \cdot R$ باید کمتر از 0.7 اختیار گردد. ردیف‌های سایه‌دار برای عمر مفید ۵۰ سال می‌باشد.

$C_h(T)$: ضریب شکل طیف نام دارد و مطابق با جدول ۴-۹ بستگی به خاک انتخابی و نوع آنالیز دارد. البته نوع آنالیز در پریودهای کوتاه $0 < T < 3(s)$ موثر می‌باشد. این ضریب همانند ضریب B (ضریب بازتاب) آیین‌نامه ایران می‌باشد.

جدول ۴-۸: ضریب دوره بازگشت

احتمال فرا گذشت سالانه مورد نیاز	R_U یا R_S
1/2500	1.8
1/2000	1.7
1/1000	1.3
1/500	1.0
1/250	0.75
1/100	0.5
1/50	0.35

1/25	0.25
1/20	0.20

جدول ۴-۹: ضریب شکل طیفی

T، پریود (ثانیه)	مقادیر ضریب شکل طیفی $C_h(T)$ (g)			
	دسته‌بندی خاک			
	A سنگ سخت و B سنگ	C خاک سطحی	D خاک نرم یا عمیق	E خاک بسیار نرم
0.0	1.89(1.00)	2.36(1.33)	3.00(1.12)	
0.1	1.89(2.35)	2.36(2.93)	3.00	
0.2	1.89(2.35)	2.36(2.93)	3.00	
0.3	1.89(2.35)	2.36(2.93)	3.00	
0.4	1.89	2.36	3.00	
0.5	1.60	2.00	3.00	
0.6	1.40	1.74	2.84	3.00
0.7	1.24	1.55	2.53	3.00
0.8	1.12	1.41	2.29	3.00
0.9	1.03	1.29	2.09	3.00
1	0.95	1.19	1.93	3.00
1.5	0.7	0.88	1.43	2.21
2	0.53	0.66	1.07	1.66
2.5	0.42	0.53	0.86	1.33
3	0.35	0.44	0.71	1.11
3.5	0.26	0.32	0.52	0.81
4	0.20	0.25	0.4	0.62
4.5	0.16	0.20	0.32	0.49

• اعداد قرار گرفته در داخل پرانتز برای طیف پاسخ آنالیز مودال و روش تاریخچه زمانی می‌باشد

$N(T,D)$: لحاظ اثر حوزه نزدیک در این آیین‌نامه تحت عنوان ضریب نزدیک گسل صورت می‌پذیرد.

طبق روابط (۴-۲) و (۴-۳) این ضریب بستگی به فاصله شهرها از گسل‌ها و دوره‌ی تناوب سازه دارد.

برای محاسبه فاصله شهرها از گسل‌های اصلی، چند گسل بزرگ را به عنوان گسل‌های اصلی در

جدولی معرفی نموده و نزدیکترین فاصله از این گسل‌ها معیار فاصله از گسل می‌باشد.

احتمال فراگذشت سالانه $>1/250$

(۲-۴)

$$N(T, D) = 1$$

احتمال فراگذشت سالانه $<1/250$

$$N(T, D) = N_{\max}(T)$$

$$D \leq 2 \text{ km}$$

(۳-۴)

$$N(T, D) = 1 + (N_{\max}(T) - 1) \frac{20 - D}{18}$$

$$2 < D \leq 20 \text{ km}$$

$$N(T, D) = 1$$

$$D > 20 \text{ km}$$

$N_{\max}$: ماکزیمم ضریب نزدیک گسل که مقدار آن از جدول ۴-۱۰ استخراج می‌شود. برای پریودهای

میانی از درون‌یابی خطی استفاده می‌شود.

جدول ۴-۱۰: ماکزیمم ضریب نزدیک گسل

Period T(s)	$N_{\max}(T)$
≤ 1.5	1.0
2	1.12
3	1.36
4	1.60
≥ 5	1.72

۴-۲-۲-۱- طیف طرح الاستیک آیین‌نامه نیوزیلند

محاسبات برای طیف طرح الاستیک در خاک نرم نوع D و نوع آنالیز به صورت تاریخچه زمانی و آنالیز مودال می‌باشد. همچنین با توجه به احتمال فراگذشت سالانه $1/500$ برای ساختمان‌های مسکونی ضریب دوره بازگشت را برابر ۱ در نظر می‌گیریم. ضریب نزدیک گسل را برای عدم لحاظ حوزه نزدیک برابر ۱ در نظر می‌گیریم. برای سازه‌های در معرض نزدیک گسل با توجه به مقادیر ضریب نزدیک گسل سازه را در فواصل کوچکتر از ۲ کیلومتر و در فاصله ۵ کیلومتر مورد بررسی قرار می‌دهیم. شکل ۲-۴ نشان دهنده مقایسه بین طیف طرح در صورت لحاظ اثر حوزه نزدیک در فواصل ذکر شده و عدم لحاظ این اثر می‌باشد.

۴-۲-۳- آیین‌نامه تایوان

در ویرایش جدید آیین‌نامه تایوان که مربوط به سال ۲۰۰۵ می‌باشد، اثر حوزه نزدیک را تحت عنوان اثر گسل نزدیک به دو صورت زیر در نظر می‌گیرد.

۱. همانند آیین‌نامه UBC97 و اعمال ضرایب N_a و N_v به صورت یک ضریب افزایشی در طیف

پاسخ طراحی

۲. روش طراحی دوتراز که در این روش اثرات نزدیک گسل در سطح طراحی اولیه نیروی پایه در

نظر گرفته نمی‌شود ولی یک ظرفیت مضاف کنترلی برای محدود کردن ظرفیت نهایی

سازه‌های طرح شده لازم است تا ظرفیت نهایی بر نیاز لرزه‌ای ایجاد شده توسط اثرات حرکات

زمین نزدیک گسل فزونی داشته باشد.

در این آیین‌نامه نیاز لرزه‌ای الاستیک با شتاب پاسخ طیف طراحی S_{ad} بیان می‌شود که بر اساس

آنالیز خطی با احتمال ۱۰٪ فراگذشت در ۵۰ سال می‌باشد. شتاب طرح ریزی شده طیف پاسخ برای

میرایی ۵٪ را در پریودهای کوتاه با $S_s^M(g)$ و در پریود یک ثانیه با $S_1^M(g)$ نشان می‌دهند، که مقادیر

آن بر اساس نقشه‌های خطر لرزه‌ای برای هر منطقه باید تعیین شود. برای راحتی این آیین‌نامه کل

مناطق را به ۴ دسته تقسیم می‌کند و مقادیر S_s^D و S_1^D را برای سطوح خطر $10/50$ و $2/50$ در جدول

۴-۱۱ نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۱: مقادیر شتاب طرح ریزی شده طیف پاسخ

$2/50$	$S_s^D(g)$	0.8	0.70	0.60	0.5
	$S_1^D(g)$	0.45	0.40	0.35	0.30
$10/50$	$S_s^M(g)$	1.0	0.9	0.80	0.7
	$S_1^M(g)$	0.55	0.50	0.45	0.40

به منظور سازگار کردن شتاب پاسخ طیفی با خاک محل از ضرایب ساختگاه بر اساس رابطه (۴-۴) و جدول ۱۲-۴ استفاده می‌نماییم.

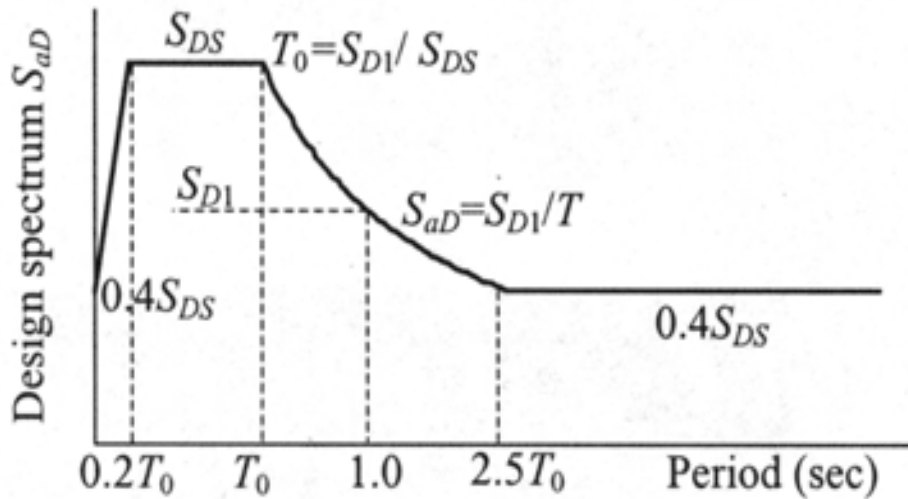
$$S_{DS} = F_a S_1^D \quad S_{D1} = F_v S_1^D \quad (۴-۴)$$

جدول ۱۲-۴: مقادیر ضرایب ساختگاه

دسته‌بندی خاک محل	مقادیر F_a					مقادیر F_v				
	$S_s \leq 0.5$	$S_s = 0.6$	$S_s = 0.7$	$S_s = 0.8$	$S_s \geq 0.9$	$S_1 \leq 0.3$	$S_1 = 0.35$	$S_1 = 0.4$	$S_1 = 0.45$	$S_1 \geq 0.5$
خاک سخت	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
خاک معمولی	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1
خاک نرم	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4

منحنی شتاب طیفی با استفاده از رابطه (۵-۴) تعیین می‌شود که به صورت شماتیک در شکل ۳-۴ ترسیم شده است.

$$S_{aD} = \begin{cases} S_{DS}(0.4 + 3T / T_0) & T \leq 0.2T_0 \\ S_{DS} & 0.2T_0 < T \leq T_0 \\ S_{D1} / T & T_0 < T \leq 2.5T_0 \\ 0.4S_{DS} & T > 2.5T_0 \end{cases} \quad (۵-۴)$$



شکل ۳-۴: شکل شماتیک منحنی شتاب طیفی آیین‌نامه تایوان

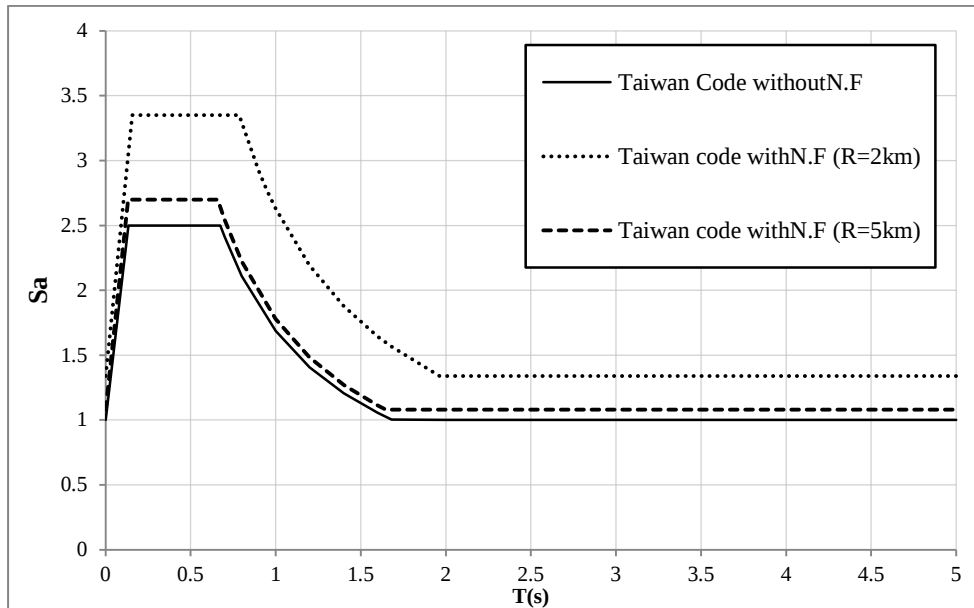
ضرایب حوزه نزدیک در آیین‌نامه تایوان برای چند گسل معروف محاسبه شده است. ضرایب نزدیک محاسبه شده برای گسل چلونگپیو که مسبب زلزله چی چی می‌باشد، با توجه به جدول ۴-۱۳ از مطالعه انجام شده توسط جیون فیو و همکاران [۱۹] استفاده می‌شود. ضرایب نزدیک گسل در طیف طرح به صورت رابطه (۴-۶) لحاظ می‌شود.

$$S_{DS} = N_a F_a S_1^D \quad S_{D1} = N_v F_v S_1^D \quad (4-6)$$

جدول ۴-۱۳: ضرایب نزدیک گسل آیین‌نامه تایوان

فاصله	$R \leq 2$ km	$R = 4$ km	$R \geq 6$ km	فاصله	$R \leq 2$ km	$R = 4$ km	$R \geq 6$ km
N_A	1.34	1.16	1.0	N_V	1.70	1.30	1.0

به منظور رسم طیف طراحی می‌توان نمودار شتاب طیفی را نرمالایز کرد و بر مقدار $0.4S_{DS}$ تقسیم نمود. این نمودار در شکل ۴-۴ برای خاک معمولی با سرعت موج برشی $180 < V_s < 270$ و منطقه با بیشترین خطر $S_s^D = 0.8$ و $S_1^D = 0.45$ رسم شده است.



شکل ۴-۴: طیف طرح آیین‌نامه تایوان با و بدون لحاظ اثر حوزه نزدیک

۴-۲-۱- روش طراحی دو تراز

علاوه بر روش قبل محققین بر روی روش جایگزین دیگری نیز برای در نظر گرفتن اثرات نزدیک گسل کار کرده‌اند. این روش به نام روش طراحی دو-تراز^{۵۲} نامیده می‌شود و در آن در تراز طراحی نیروی پایه اصلی، فقط پارامترهای شتاب طیفی طرح ریزی شده (S_1^D و S_s^D) برحسب دوره بازگشت ۴۷۵ سال برای تعیین نیروی برش پایه طراحی برای هر دو نوع سایت (معمولی و نزدیک گسل) پذیرفته شده است ولی سپس یک سطح کنترل اضافی برای محدود کردن ظرفیت نهایی طرح شده برای رسیدن به ماکزیمم نیاز لرزه‌ای در نظر گرفته شده در تراز MCE مورد نیاز است.

۴-۲-۴- آیین‌نامه ایران

آیین‌نامه طرح لرزه‌ای در ایران موسوم به استاندارد ۲۸۰۰ دارای ۳ ویرایش بوده و با توجه به انتشار پیش‌نویس ویرایش ۴ این آیین‌نامه و اهمیت آن، در این تحقیق به مقایسه ویرایش ۳ و پیش‌نویس

جدید آن می‌پردازیم. در ویرایش ۳ که در سال ۱۳۸۴ منتشر شد اثری از لحاظ حوزه نزدیک دیده نمی‌شود در حالیکه در پیش‌نویس ویرایش ۴ اثر حوزه نزدیک در طیف طرح لحاظ شده است.

۴-۲-۴-۱- طیف طرح آیین‌نامه ۲۸۰۰ ویرایش ۳

آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰ مناطق مختلف ایران را به لحاظ لرزه‌خیزی به ۴ سطح دسته‌بندی می‌کنند. در تقسیم‌بندی دیگری این آیین‌نامه خاک‌ها را بر اساس سرعت موج برشی به ۴ دسته تقسیم می‌کنند. ضریب بازتاب ساختمان بیانگر نحوه پاسخ ساختمان به حرکت زمین است. این ضریب با استفاده از روابط (۷-۴) تعیین می‌شود:

$$\begin{aligned} B &= 1 + S(T / T_0) & 0 \leq T \leq T_0 \\ B &= 1 + S & T_0 \leq T \leq T_s \\ B &= (1 + S)(T_s / T)^{2/3} & T \geq T_s \end{aligned} \quad (7-4)$$

T: زمان تناوب اصلی ساختمان به ثانیه

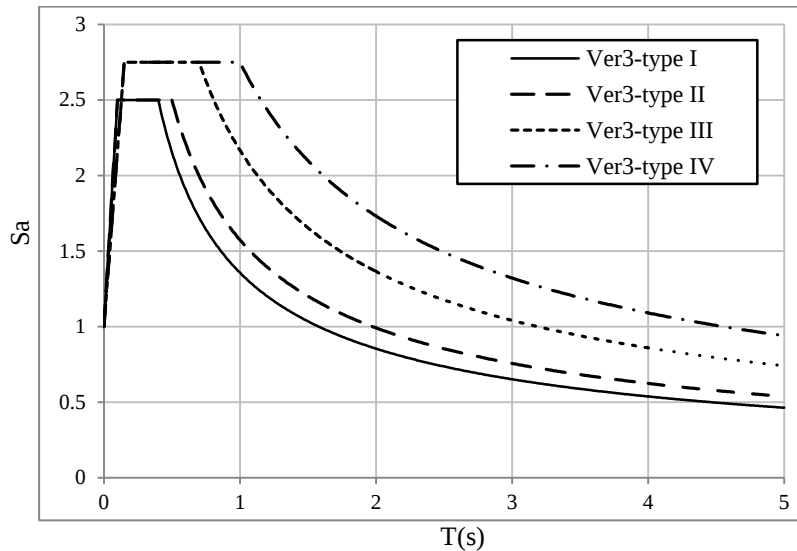
S, T_s, T_0 : پارامترهایی هستند که به نوع زمین و میزان خطر لرزه‌خیزی منطقه وابسته‌اند. مقادیر این

پارامترها در جدول ۴-۱۴ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۱۴: پارامترهای مربوط به روابط ضریب بازتاب آیین‌نامه ایران

نوع زمین	T_0	T_s	خطر نسبی کم و متوسط	خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد
I	0.1	0.4	1.5	S
II	0.1	0.5	1.5	1.5
III	0.15	0.7	1.75	1.75
IV	0.15	1	2.25	1.75

در این جدول زمین نوع I سخت‌ترین زمین و زمین نوع IV نرم‌ترین زمین می‌باشد. در شکل ۵-۴ طیف طرح الاستیک ویرایش ۳ برای منطقه ۱ که پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد بوده و ضریب اهمیت واحد داشته برای انواع خاکها رسم شده است.



شکل ۵-۴: طیف طرح الاستیک ویرایش ۳ آیین‌نامه ۲۸۰۰ برای انواع خاکها

۲-۴-۲-۴- طیف طرح آیین‌نامه ۲۸۰۰ در پیش‌نویس ویرایش ۴

مهمترین تغییر در طیف طرح ویرایش چهارم لحاظ ضریب نزدیک گسل تحت عنوان ضریب حوزه نزدیک در طیف بازتاب به صورت زیر می‌باشد

$$(۸-۴)$$

$$B = B_1 \cdot N$$

ضریب شکل B_1 ، با در نظر گرفتن بزرگنمایی خاک در پریودهای مختلف و میزان لرزه‌خیزی منطقه مشخص شده است. این ضریب با استفاده از روابط (۹-۴) تعیین می‌شود.

$$B = S_0 + (S - S_0 + 1)(T / T_0)$$

$$0 \leq T \leq T_0$$

$$B = 1 + S$$

$$T_0 \leq T \leq T_s$$

$$B = (1 + S)(T_s / T)$$

$$T \geq T_s$$

$$(۹-۴)$$

T: زمان تناوب اصلی ساختمان به ثانیه

S_0, S, T_s, T_0 : پارامترهایی هستند که به نوع زمین و میزان خطر لرزه‌خیزی منطقه وابسته‌اند. مقادیر این پارامترها در جدول ۴-۱۵ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۱۵: پارامترهای مربوط به روابط (۳)

نوع زمین	T_0	T_s	خطر نسبی کم و متوسط		خطر نسبی زیاد و خیلی زیاد	
			S_0	S	S_0	S
I	0.1	0.4	1	1.5	1	1.5
II	0.1	0.5	1	1.5	1	1.5
III	0.15	0.7	1.1	1.75	1	1.75
IV	0.15	1	1.3	2.25	1	1.75

ضریب حوزه نزدیک N ، از رابطه (۴-۱۰) با توجه به کوتاه‌ترین فاصله تا گسل اصلی تعیین می‌شود

اسامی گسل‌ها در جدول ۴-۱۶ تعیین شده است

$$\begin{aligned}
 N &= N_{\max} & d_r &\leq 2 \text{ Km} \\
 N &= 1 + (N_{\max} - 1) \frac{(30 - d_r)}{28} & 2 \text{ Km} &\leq d_r \leq 30 \text{ Km} \\
 N &= 1 & d_r &\geq 30 \text{ Km}
 \end{aligned}
 \tag{۴-۱۰}$$

d_r : کوتاه‌ترین فاصله از ساختگاه تا گسل اصلی به کیلومتر است

$N_{\max}$: حداکثر ضریب حوزه نزدیک است که از روابط (۴-۱۱) تعیین می‌شود:

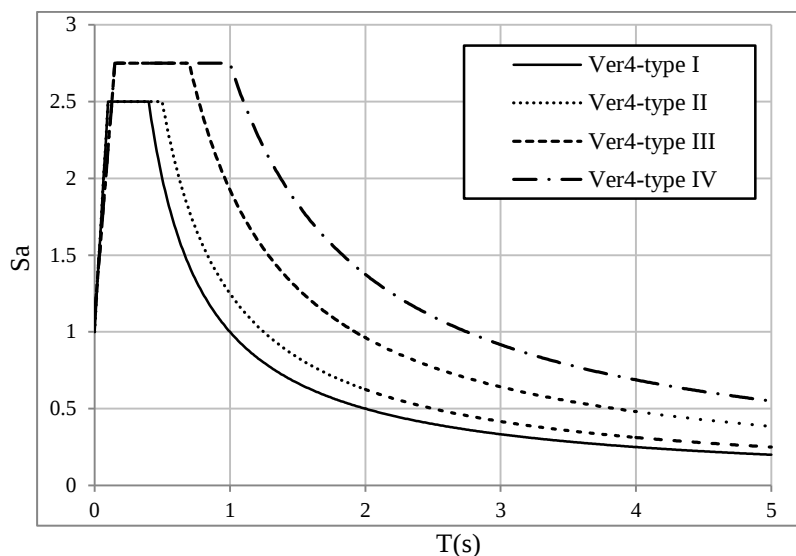
$$\begin{aligned}
 N_{\max} &= 1 & T &< 0.5 \text{ sec} \\
 N_{\max} &= 0.198(T - 0.5) + 1 & 0.5 &\leq T \leq 4 \text{ sec} \\
 N_{\max} &= 1.7 & T &> 4 \text{ sec}
 \end{aligned}
 \tag{۴-۱۱}$$

در صورتیکه پس از بررسی‌های لازم فاصله گسل تا ساختگاه مشخص نباشد می‌توان در جهت اطمینان $N_{\max}$ را یک در نظر گرفت.

جدول ۴-۱۶: اسامی گسل‌های رسمی در پیش‌نویس ویرایش چهارم

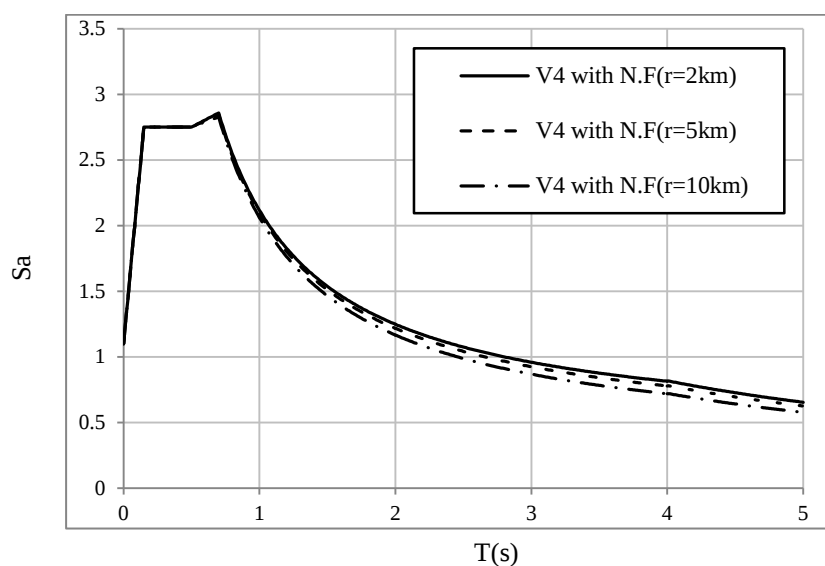
گسل‌های اصلی ایران	
ردیف	عنوان گسل
۱	گسل شمال تبریز
۲	گسل هرزویل
۳	گسل سلطانیه
۴	گسل ایپک
۵	گسل شمال البرز
۶	گسل خزر و بهشهر
۷	گسل گرگان
۸	گسل درونه (گسل بزرگ کویر)
۹	گسل طبس
۱۰	گسل کپه داغ
۱۱	گسل دشت بیاض
۱۲	گسل زاگرس (گسل زندان)
۱۳	گسل پیرانشهر
۱۴	گسل آغاجری (گسل جلو شیب زاگرس)
۱۵	گسل اندیکا (ایذه) (گسل جبهه کوهستان)
۱۶	گسل لهری (گسل فروبار دزفول)
۱۷	گسل رامهرمز
۱۸	گسل گلبافت
۱۹	گسل لکر کوه
۲۰	گسل کوهبنان
۲۱	گسل رفسنجان
۲۲	گسل سبزواران خاوری
۲۳	گسل مشا (آبیک-فیروزکوه)
۲۴	گسل شمال تهران
۲۵	گسل اردکول

در شکل ۴-۶ طیف طرح الاستیک پیش‌نویس ویرایش ۴ برای منطقه ۱ که پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد بوده و ضریب اهمیت واحد داشته برای انواع خاکها رسم شده است.



شکل ۴-۶: طیف طرح الاستیک پیش‌نویس ویرایش ۴ آیین‌نامه ۲۸۰۰ برای انواع خاک‌ها

در شکل ۴-۷ طیف طرح الاستیک پیش‌نویس ویرایش ۴ با لحاظ اثر حوزه نزدیک برای فواصل ۲ و ۵ و ۱۰ کیلومتر برای منطقه ۱ که پهنه با خطر نسبی خیلی زیاد بوده و ضریب اهمیت واحد داشته برای خاک نوع III رسم شده است.

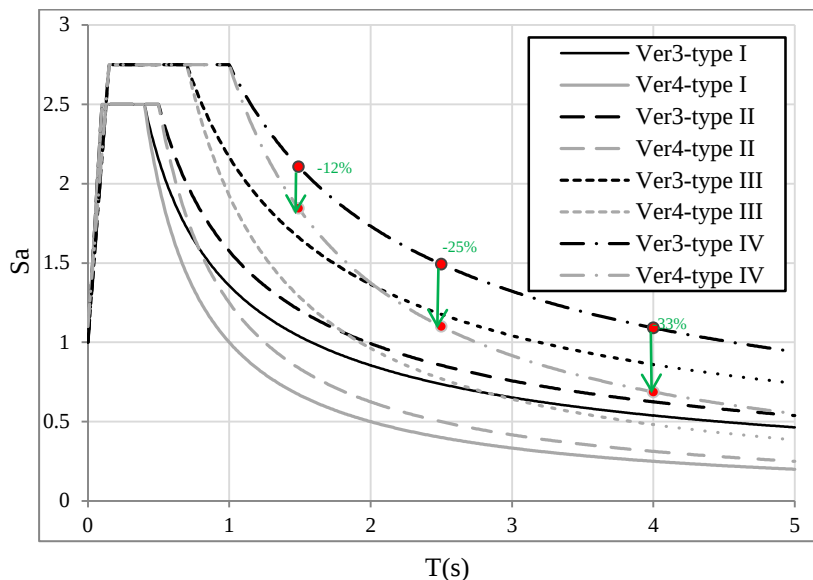


شکل ۴-۷: طیف طرح الاستیک پیش‌نویس ویرایش ۴ آیین‌نامه ۲۸۰۰ با لحاظ اثر حوزه نزدیک در فواصل مختلف

۴-۲-۳-۴- مقایسه طیف طرح در ویرایش ۳ و پیش‌نویس ویرایش ۴ آیین‌نامه

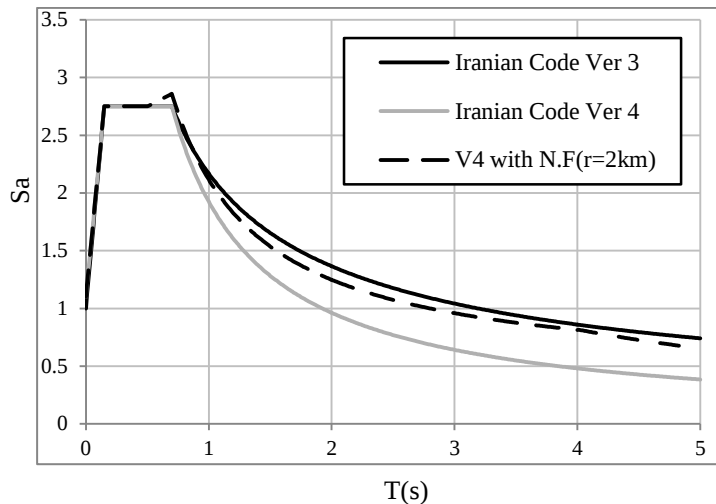
۲۸۰۰

بعد از بیان هر دو ویرایش آیین‌نامه ۲۸۰۰ به بررسی تغییرات اعمال شده در پیش‌نویس ویرایش جدید نسبت به ویرایش ۳ می‌پردازیم. با توجه به شکل ۸-۴ مشاهده می‌کنیم که طیف طرح در ویرایش ۴ آیین‌نامه در پریودهای نسبتاً بلند کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است. همان طور که در شکل ۸-۴ نمایش داده شده است این میزان کاهش برای پریودهای مختلف، متفاوت بوده و بیشترین کاهش حدود ۳۳٪ می‌باشد. مقادیر فرکانس گوشه در هر دو ویرایش آیین‌نامه یکسان در نظر گرفته شده است.



شکل ۸-۴: طیف طرح ویرایش ۳ و ۴ آیین‌نامه ۲۸۰۰ برای انواع خاک‌ها

در شکل ۹-۴ مقایسه طیف طرح آیین‌نامه ویرایش ۴ با و بدون لحاظ اثر حوزه نزدیک و ویرایش ۳ برای خاک نوع III انجام شده است. با توجه به این شکل در می‌یابیم که اثر حوزه نزدیک فقط برای پریودهای بزرگتر از ۰/۵ لحاظ شده است و برای پریودهای کوتاه اثر حوزه نزدیک لحاظ نشده است.



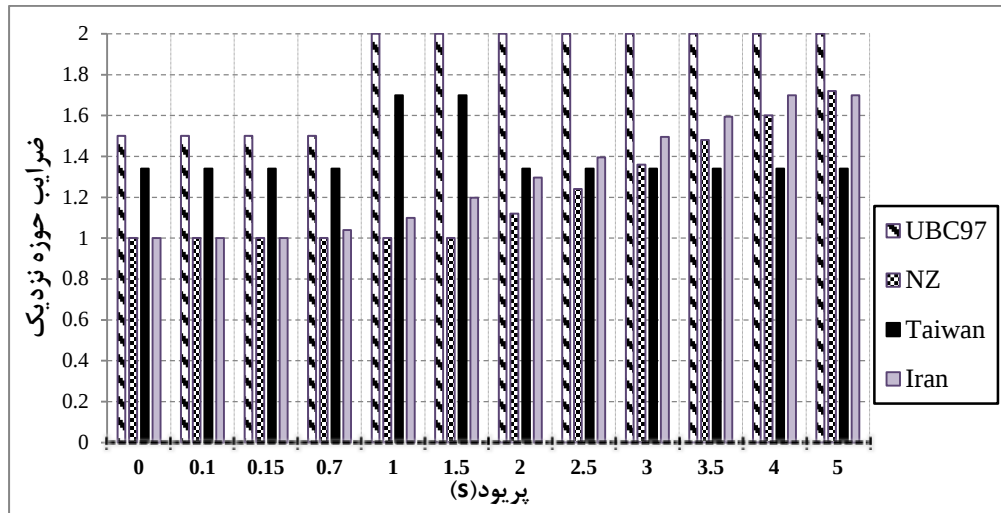
شکل ۴-۹: طیف طرح آیین‌نامه ویرایش ۴ با و بدون لحاظ اثر حوزه نزدیک و ویرایش ۳

همچنین مشاهده می‌کنیم که در ویرایش ۴ با وجود لحاظ اثر حوزه نزدیک مقادیر شتاب طیفی در پریودهای بلند نسبت به ویرایش ۳ کمتر است.

۴-۳- مقایسه آیین‌نامه کشورهای مختلف در لحاظ اثر حوزه نزدیک

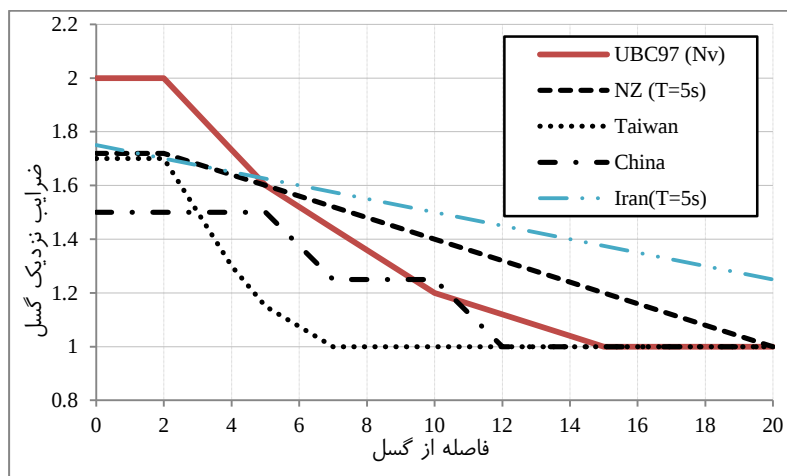
در این بخش قصد داریم به مقایسه وابستگی ضرایب حوزه نزدیک بکار رفته در آیین‌نامه کشورهای مختلف به پریود سازه، اثر فاصله بر این ضرایب و مقایسه طیف طرح با و بدون لحاظ اثر حوزه نزدیک بپردازیم.

در ابتدا وابستگی ضرایب حوزه نزدیک را در آیین‌نامه‌های مختلف به پریود سازه را بررسی می‌کنیم. همانطور که در شکل ۴-۱۰ دیده می‌شود، آیین‌نامه آمریکا بیشترین مقادیر را برای ضرایب حوزه نزدیک در نظر می‌گیرد. محدوده ضرایب در نظر گرفته شده بین ۱ تا ۲ می‌باشد که با توجه به پریود تغییر می‌کند. که البته بیشترین مقادیر مربوط به پریودهای بلند می‌باشد. ضرایب مندرج در شکل ۴-۱۱ برای فاصله کمتر از ۲ کیلومتر در نظر گرفته شده است. آیین‌نامه آمریکا معتقد است که افزایش ضرایب نزدیک گسل از پریود صفر تا پریود حدودا ۰/۷۵ ثانیه با ضریب N_a و در پریودهای بلند با ضریب N_v به صورت یکنواخت تغییر می‌کند. آیین‌نامه ایران، پیش‌نویس ویرایش چهارم، از پریودهای بزرگتر از ۰/۵ ثانیه در نظر گرفته می‌شود. در آیین‌نامه نیوزیلند این ضریب فقط برای



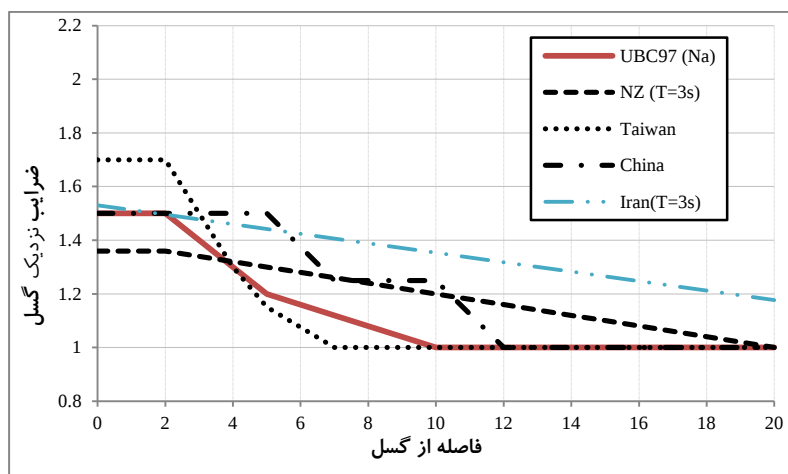
شکل ۴-۱۰: ضرایب حوزه نزدیک برای مناطق مختلف طیفی در آیین‌نامه‌های کشورهای مختلف

پریودهای بلند در نظر گرفته شده و آیین‌نامه تایوان شبیه به ضرایب آیین‌نامه آمریکا را استفاده کرده است. حال می‌خواهیم به بررسی اثر فاصله به ضرایب حوزه نزدیک بپردازیم. با توجه به شکل ۴-۱۱ در سازه‌های بلند ($T = 5(s)$) تا فاصله ۵ کیلومتر بیشترین مقادیر مربوط به آیین‌نامه آمریکا و در فواصل بیشتر از ۵ کیلومتر آیین‌نامه ایران مقادیر پوش ضرایب را در نظر گرفته است. اما همان طور که در



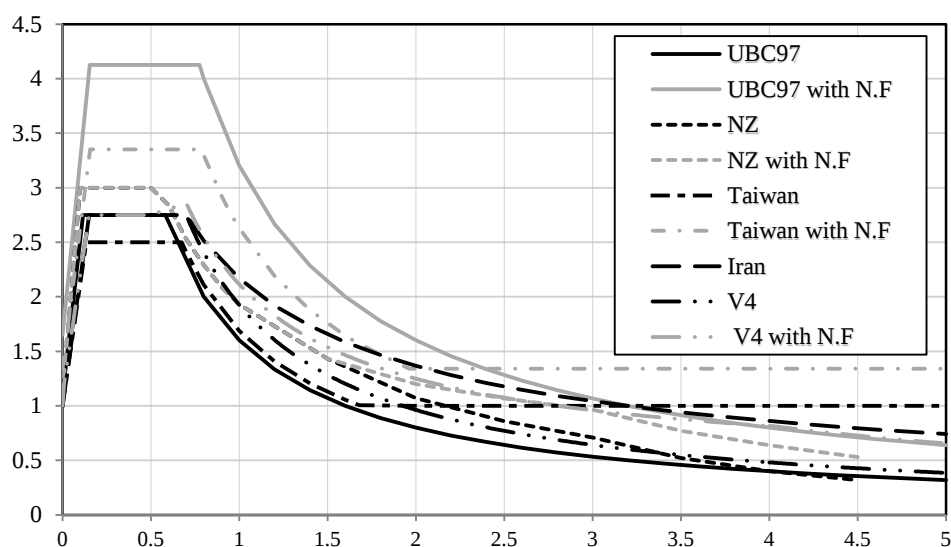
شکل ۴-۱۱: ضرایب حوزه نزدیک برای پریودهای خیلی بلند در فواصل مختلف از گسل

شکل ۴-۱۲ نشان داده شده در سازه‌های با پریود متوسط به سمت پریود بلند ($T = 3(s)$) در فواصل نزدیک بیشترین مقادیر مربوط به آیین‌نامه تایوان و در فواصل دورتر بیشترین مقادیر مربوط به آیین‌نامه ایران می‌باشد.



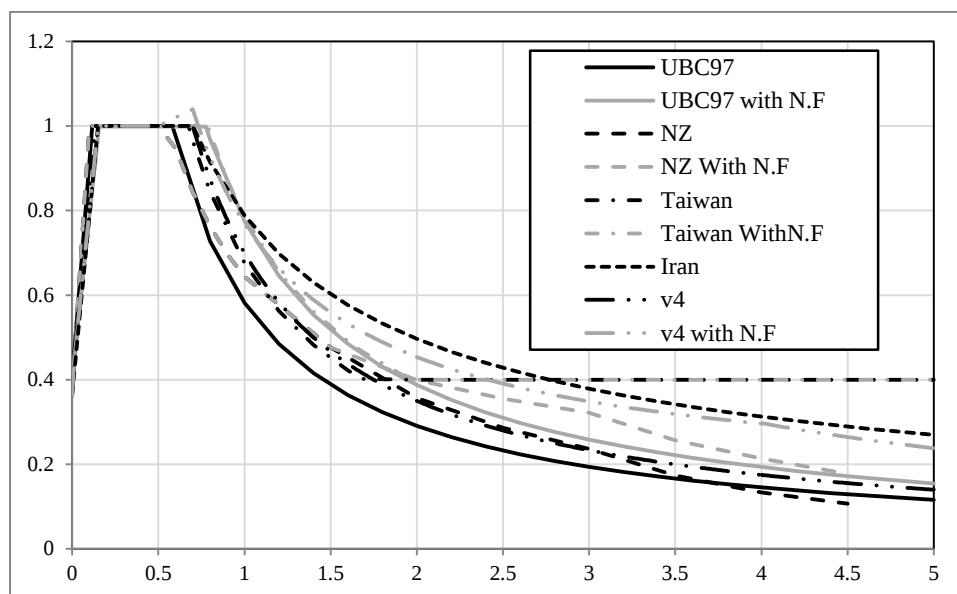
شکل ۴-۱۲: ضرایب حوزه نزدیک برای پریودهای متوسط به سمت بلند در فواصل مختلف از گسل

بررسی طیف پاسخ آیین‌نامه مختلف در شکل ۴-۱۳ به ما نشان می‌دهد که تمامی آیین‌نامه‌ها موافق اعمال ضرایب حوزه نزدیک در پریودهای بلند می‌باشند. در پریودهای خیلی کوتاه فقط آیین‌نامه آمریکا و آیین‌نامه تایوان ضرایب حوزه نزدیک را لحاظ نموده‌اند. با توجه به شکل ۴-۱۳ در می‌یابیم



شکل ۴-۱۳: طیف طرح الاستیک آیین‌نامه‌های مختلف با و بدون لحاظ اثر حوزه نزدیک

که پوش مقادیر طیف تا پریودهای نسبتاً بلند مربوط به آیین‌نامه آمریکا با لحاظ اثر حوزه نزدیک و در پریودهای بلند آیین‌نامه تایوان با لحاظ اثر حوزه نزدیک مقادیر پوش طیف طرح را در نظر گرفته است.



شکل ۴-۱۴: طیف طرح همپایه شده آیین‌نامه‌های مختلف با و بدون لحاظ اثر حوزه نزدیک

همپایه کردن مقادیر طیف طرح الاستیک به مقدار ماکزیمم طیف طرح به منظور بررسی شکل طیف طرح در شکل ۴-۱۴ انجام شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌شود تابع در نظر گرفته شده برای پریود متوسط تا بلند در آیین‌نامه زلزله ایران ویرایش سوم، نسبت به دیگر آیین‌نامه‌ها زیاد بوده که این اشکال در پیش‌نویس ویرایش چهارم اصلاح شده است و مقادیر منطقی‌تر برای تابع طیف برای پریودهای بلند نسبت به دیگر آیین‌نامه‌ها در نظر گرفته شده است.

فصل پنجم

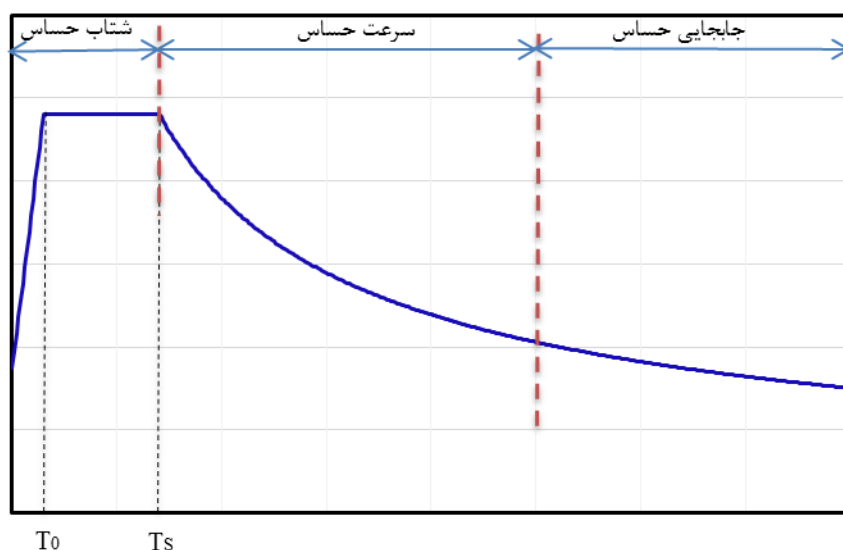
روش پیشنهادی برای لحاظ اثر حوزه نزدیک در طیف طرح آیین نامه

۵-۱- پیشگفتار

با توجه به بررسی چگونگی لحاظ اثر حوزه نزدیک در آیین‌نامه کشورهای مختلف و بررسی خصوصیات زلزله‌های حوزه نزدیک در فصول قبلی، در این فصل بر آن شدیم تا پیشنهادهای به منظور اصلاح طیف‌های طرح آیین‌نامه که بر اساس رکوردهای حوزه دور می‌باشد، ارائه دهیم. در این فصل ابتدا به بررسی ویژگی‌های طیف آیین‌نامه بر اساس علم دینامیک سازه‌ها پرداخته و در ادامه با توجه به این خصوصیات به منظور لحاظ اثر حوزه نزدیک پیشنهادهای را ارائه می‌کنیم و در آخر ضرایب پیشنهادی را برای رکوردهای موجود در پیوست ۱ محاسبه می‌کنیم.

۵-۲- بررسی طیف پاسخ طراحی در آیین‌نامه

طیف پاسخ طراحی به صورت شماتیک به همراه بخش‌های مهم آن در شکل ۵-۱ نشان داده شده است [۳۴].



شکل ۵-۱: طیف پاسخ طراحی آیین‌نامه به صورت شماتیک

مشخصه‌های مهم طیف پاسخ طراحی به شرح زیر می‌باشد.

۵-۲-۱- نقطه شروع طیف ($T = 0$)

سازه با پریود کم دارای سختی زیاد بوده و رفتار یک سیستم صلب را دارد. جابجایی چنین سیستمی بسیار کم بوده و شتاب کل جرم سازه $\ddot{U}^t(t)$ ، با شتاب زمین $\ddot{U}_g(t)$ ، تقریباً یکسان است. برای سازه‌های با میرایی کم، شتاب کل جرم سازه با شبه شتاب، $A(t)$ ، تقریباً برابر بوده، بنابراین بیشینه شبه شتاب نیز با شبه شتاب زمین برابر است [۳۵].

$$\ddot{U}^t(t) \cong A(t) \cong PGA \quad (۱-۵)$$

۵-۲-۲- مرز شتاب حساس و سرعت حساس ($T = T_s$)

این نقطه از دو نظر مقدار T_s و مقدار شبه شتاب متناظر با این نقطه قابل بررسی می‌باشد. مقدار T_s (پریود خاک) بستگی به دو عامل پریود خاک محل و نسبت PGV / PGA به سبب جداکنندگی ناحیه شتاب حساس از ناحیه سرعت حساس دارد. با توجه به اینکه در این تحقیق اثر خاک را بررسی نمی‌کنیم فقط وابستگی T_s را به نسبت حداکثر سرعت زمین به حداکثر شتاب زمین را مورد بررسی قرار می‌دهیم. با افزایش نسبت PGV / PGA ، T_s افزایش پیدا می‌کند بدین معنا که محدوده شتاب حساس افزایش و ناحیه سرعت حساس کوچک می‌شود و با کاهش این نسبت T_s کاهش می‌یابد.

مقدار شبه شتاب در نقطه متناظر با T_s را با استفاده از رابطه‌های ارائه شده در زیر به مقدار حداکثر سرعت زمین (PGV) مرتبط دانست.

$$PSV = PSA \times \frac{T}{2\pi} \quad PGV = \frac{PSV}{2.31 - 0.41 \ln \zeta} \quad (۲-۵)$$

PSV: شبه سرعت

PSA: شبه شتاب

٪: درصد میرایی که معمولاً برابر ۵٪ در نظر گرفته می شود

T: پریود سازه که در اینجا برابر با T_s در نظر گرفته می شود

همچنین از رابطه (۵-۲) می توان مقدار PGV را که آیین نامه ها بر اساس آن طراحی شده اند را نیز محاسبه نمود.

۵-۲-۳- محدوده پریودهای زیاد: (مثلاً $T > 3(s)$)

این قسمت از طیف پاسخ را می توان ناحیه حساس به جابجایی نام برد و از لحاظ مقدار و از لحاظ محدوده مورد بررسی قرار داد. در این محدوده، بیشینه جابجایی سازه، بیشتر از حداکثر جابجایی زمین PGD است که این تفاوت بستگی به پریود سازه و میرایی آن دارد. در این قسمت پاسخ سازه متأثر از جابجایی زمین است. هرچند محدوده جابجایی حساس که در آیین نامه ها معمولاً به طور واضح مشخص نشده است بستگی به نسبت PGD / PGV دارد. با کاهش این نسبت ناحیه جابجایی حساس افزایش یافته و ناحیه حساس سرعت کاهش می یابد. با افزایش این نسبت عکس اتفاق های بالا رخ می دهد.

۵-۲-۴- مقدار طیف در پریودهای خیلی بلند (مثلاً $T > 15(s)$)

با توجه به مفهوم رفتار سازه های بسیار نرم (پریود بالا) می توان گفت که بطور تقریبی در سازه با $T \rightarrow \infty$ مقدار جابجایی نسبی بین پی و بام با جابجایی بیشینه سطح زمین (PGD) برابر است. از آنجا که بیشینه جابجایی زمین مقدار محدودی است، پس حتی در حالت $K \rightarrow 0$ نیز جابجایی نسبی در سازه به سمت بی نهایت میل نخواهد کرد. با وجود این محدودیت در جابجایی نسبی سازه های بسیار نرم، می توان گفت که شتاب این سازه ها نیز به مقدار معینی محدود می شود و هرگز به سمت بینهایت میل نمی کند. بنابراین در پریودهای بسیار بالا مقدار شتاب ایجاد شده در سازه تابعی از PGD بدون ارتباط با پریود سازه است که البته در طیف پاسخ ارائه شده در آیین نامه ها این بحث

خیلی کاربردی نیست چون معمولاً آیین نامه های طرح لرزه ای ساختمانی پریود سازه ها تا $T = 4(s)$ را مورد بررسی قرار می دهد و برای پریودهای بلندتر آیین نامه خاص باید در نظر گرفته شود.

۵-۲-۵- شکل طیف پاسخ

شکل طیف پاسخ که در واقع برگرفته شده از طیف بازتاب است تحت تاثیر خاک منطقه می باشد. این شکل طیف بستگی به پریود سازه و پریود خاک منطقه دارد [۳۶].

۵-۳- روش پیشنهادی ارائه شده در این پایان نامه

روش پیشنهادی ارائه شده در این پایان نامه تلفیقی از روش های استفاده شده در آیین نامه های بررسی شده می باشد. بدین منظور باید ابتدا مطالعات جامعی بر روی گسل های موجود در هر کشور انجام شده و گسل هایی که فعالیت لرزه خیزی بالایی داشته و در نزدیکی شهرهای مهم قرار گرفته اند را شناسایی کرده و در طیف طراحی آن ها ضرابی را بر اساس اصول دینامیک سازه ای که در بخش قبل بر اساس خصوصیات زلزله ها بیان شد، لحاظ نمود. هر کدام از ضرایب لحاظ شده که در زیر شرح داده می شود بدلیل آنکه افزایش فاصله باعث کاهش خواص حوزه نزدیک خواهد شد، می توانند تابعی از فاصله باشند.

۵-۳-۱- نقطه شروع طیف ($T = 0$)

همانطور که در بخش قبل توضیح داده شد، این مقدار بستگی به PGA دارد. با توجه به بررسی های مختلف انجام شده که البته در این تحقیق هم در پیوست ۱ انجام شده است، PGA رکوردهای حوزه نزدیک دارای مقادیر بیشتری نسبت به مقادیر متناظرشان در حوزه دور دارد. بنابراین باید با استفاده از یک ضریب اصلاحی افزایشی مانند رابطه (۵-۳)، طیف طراحی حوزه دور را اصلاح نمود.

$$F_{PGA} = \frac{\text{Median}(PGA)_{NF}}{\text{Median}(PGA)_{FF}} \quad (3-5)$$

$\text{Median}(PGA)_{NF}$: میانه حداکثر شتاب زمین در رکوردهای حوزه نزدیک

$\text{Median}(PGA)_{FF}$: میانه حداکثر شتاب زمین در رکوردهای حوزه دور

۵-۳-۲- مقدار طیف در مرز شتاب حساس و سرعت حساس

همانطور که در بخش قبل توضیح داده شد، این مقدار بستگی به PGV دارد. با توجه به بررسی‌های مختلف انجام شده که البته در این تحقیق هم در پیوست ۱ انجام شده است، PGV رکوردهای حوزه نزدیک دارای مقادیر بیشتری نسبت به مقادیر متناظرشان در حوزه دور دارد. بنابراین باید با استفاده از یک ضریب اصلاحی افزایشی مانند رابطه (۴-۵)، طیف طراحی حوزه دور را اصلاح نمود.

$$F_{PGV} = \frac{\text{Median}(PGV)_{NF}}{\text{Median}(PGV)_{FF}} \quad (4-5)$$

$\text{Median}(PGV)_{NF}$: میانه حداکثر سرعت زمین در رکوردهای حوزه نزدیک

$\text{Median}(PGV)_{FF}$: میانه حداکثر سرعت زمین در رکوردهای حوزه دور

البته با توجه به رشد بیشتر مقادیر PGV نسبت به PGA در حوزه نزدیک نسبت به حوزه دور مقادیر ضریب F_{PGV} از مقادیر F_{PGA} بزرگتر خواهد بود.

۵-۳-۳- مقدار پریود در مرز شتاب حساس و سرعت حساس

این قسمت بستگی به نسبت PGV / PGA دارد که چون رشد PGV نسبت به PGA بیشتر می‌باشد، در این قسمت هم نیاز به ضریب افزایشی داشته که در رابطه (۵-۵) محاسبه می‌شود

$$F_{T_s} = \frac{\text{Median}(PGV/PGA)_{NF}}{\text{Median}(PGV/PGA)_{FF}} \quad (5-5)$$

$\text{Median}(PGV/PGA)_{NF}$: میانه نسبت حداکثر سرعت زمین به حداکثر شتاب زمین در رکوردهای حوزه نزدیک

$\text{Median}(PGV/PGA)_{FF}$: میانه نسبت حداکثر سرعت زمین به حداکثر شتاب زمین در رکوردهای حوزه دور

این ضریب افزایشی باعث می‌شود که طیف پاسخ در حوزه نزدیک دارای ناحیه حساس به شتاب بزرگتری نسبت به رکوردهای دور از گسل داشته باشد.

۵-۳-۴- محدوده پریودهای زیاد (مثلاً $T > 3(s)$)

ناحیه جابجایی حساس همان طور که از اسمش پیداست متأثر از جابجایی زمین (PGD) می‌باشد. در طیف‌های طراحی به طور واضح مشخص نشده است که بهتر است در طیف‌ها با یک پریود مشخص شود. با توجه به بزرگتر بودن مقادیر جابجایی حداکثر زمین در زلزله‌های حوزه نزدیک نسبت به زلزله‌های دور انتظار داریم از یک ضریب افزایشی مانند رابطه (۵-۶) برای مقادیر طیف در این محدوده نیز استفاده شود.

$$F_{PGD} = \frac{\text{Median}(PGD)_{NF}}{\text{Median}(PGD)_{FF}} \quad (6-5)$$

$\text{Median}(PGD)_{NF}$: میانه حداکثر جابجایی زمین در رکوردهای حوزه نزدیک

$\text{Median}(PGD)_{FF}$: میانه حداکثر جابجایی زمین در رکوردهای حوزه دور

برای محاسبه پریود نقطه شروع ناحیه جابجایی حساس می‌توان از رابطه‌ی ارائه شده در مقاله چوپرا و چینتاپاکی [۱۶] استفاده کرد. این رابطه به صورت زیر ارائه شده است.

$$T_d = 2\pi \frac{\alpha_d PGD}{\alpha_v PGV} \quad (7-5)$$

α_d, α_v : ضرایب بزرگنمایی ارائه شده بر اساس میرایی برای سرعت و جابجایی

T_d : پریود نقطه شروع ناحیه جابجایی حساس

با توجه به رشد بالای PGV، زلزله‌های حوزه نزدیک دارای مقادیر کمتر T_d نسبت به رکوردهای حوزه دور می‌باشند که باید با ضریب اصلاحی کاهنده معرفی شده در رابطه (8-5) اصلاح شود.

$$F_{T_d} = \frac{\text{Median}(PGD/PGV)_{NF}}{\text{Median}(PGD/PGV)_{FF}} \quad (8-5)$$

$\text{Median}(PGD/PGV)_{NF}$: میانه نسبت حداکثر جابجایی زمین به حداکثر سرعت زمین در رکوردهای حوزه نزدیک

$\text{Median}(PGV/PGA)_{FF}$: میانه نسبت حداکثر جابجایی زمین به حداکثر سرعت زمین در رکوردهای حوزه دور

کاهش مقادیر T_d در زلزله‌های حوزه نزدیک، بیان‌گر کوچک‌شدن ناحیه حساس به سرعت و افزایش ناحیه جابجایی حساس می‌شود.

۵-۳-۵- شکل طیف پاسخ

شکل طیف پاسخ همان طور که قبلاً بیان شد بستگی به پریود سازه و پریود خاک داشته و تغییری نسبت به حوزه ثبت رکورد ندارد. بنابراین رکوردهای حوزه نزدیک تغییری در شکل طیف ایجاد نمی‌کنند.

۵-۴- محاسبه ضرایب پیشنهادی حوزه نزدیک

با توجه به انتخاب رکوردهای حوزه نزدیک و حوزه دور در پیوست ۱ این تحقیق، در این قسمت می‌خواهیم به محاسبه ضرایب حوزه نزدیک که عبارتند از: F_{T_d} ، F_{T_s} ، F_{PGD} ، F_{PGV} ، F_{PGA} است پردازیم. این ضرایب را برای مولفه نرمال زلزله حوزه نزدیک با وجود پالس (۱۴ رکورد)، زلزله حوزه نزدیک با وجود پالس (۲۸ رکورد)، زلزله حوزه نزدیک بدون پالس (۲۸ رکورد) و برای کل رکوردهای حوزه نزدیک (۵۶ رکورد) در برابر کل رکوردهای حوزه دور (۴۴ رکورد) محاسبه می‌کنیم.

در جدول ۵-۱ پارامترهای مورد نیاز زمین برای رکوردهای حوزه نزدیک و در جدول ۵-۲ پارامترهای مورد نیاز زمین برای رکوردهای حوزه دور موجود در پیوست ۱، نمایش داده شده است. جدول ۵-۳ مقادیر میانه پارامترهای زمین برای دسته رکوردهای مورد نیاز به منظور محاسبه ضرایب حوزه نزدیک

جدول ۵-۱: پارامترهای مورد نیاز زمین برای رکوردهای حوزه نزدیک

ID No.	رکوردهای حوزه نزدیک									
	PGA		PGV		PGD		PGV/PGA		PGD/PGV	
	FN	FP	FN	FP	FN	FP	FN	FP	FN	FP
1	0.44	0.40	111.84	64.68	66.55	24.82	0.26	0.16	0.60	0.38
2	0.46	0.34	108.79	44.52	45.55	24.01	0.24	0.14	0.42	0.54
3	0.23	0.31	41.40	45.48	22.11	23.42	0.18	0.15	0.53	0.51
4	0.42	0.34	106.74	49.57	50.54	21.78	0.26	0.15	0.47	0.44
5	0.36	0.38	55.55	43.28	29.41	15.77	0.16	0.12	0.53	0.36
6	0.49	0.42	95.40	45.29	32.09	16.52	0.20	0.11	0.34	0.36
7	0.61	0.63	81.87	60.41	25.47	26.01	0.14	0.10	0.31	0.43
8	0.72	0.80	142.88	36.10	254.18	97.12	0.20	0.05	1.78	2.69
9	0.87	0.42	167.05	62.58	28.83	21.44	0.20	0.15	0.17	0.34
10	0.73	0.60	122.77	54.42	31.78	10.78	0.17	0.09	0.26	0.20
11	0.15	0.22	22.61	29.76	9.83	17.12	0.15	0.14	0.43	0.58
12	0.82	0.58	127.81	80.40	93.23	58.29	0.16	0.14	0.73	0.72
13	0.29	0.17	106.76	77.56	88.00	54.52	0.37	0.47	0.82	0.70
14	0.36	0.52	62.12	79.46	46.46	48.25	0.18	0.16	0.75	0.61
15	0.60	0.71	64.95	71.06	24.19	24.70	0.11	0.10	0.37	0.35
16	0.76	0.59	44.25	43.77	15.46	16.40	0.06	0.08	0.35	0.37
17	0.28	0.27	30.41	27.00	10.80	7.82	0.11	0.10	0.36	0.29
18	0.85	1.18	43.83	36.53	16.09	4.37	0.05	0.03	0.37	0.12

19	0.45	0.34	27.74	34.64	6.36	7.71	0.06	0.10	0.23	0.22
20	0.64	0.41	55.84	38.68	13.09	9.10	0.09	0.10	0.23	0.24
21	0.48	0.51	45.43	41.62	14.09	7.19	0.10	0.08	0.31	0.17
22	1.27	1.43	57.61	118.31	13.79	38.16	0.05	0.08	0.24	0.32
23	0.73	0.71	63.22	69.98	18.71	14.54	0.09	0.10	0.30	0.21
24	0.41	0.42	53.17	47.13	20.76	13.27	0.13	0.11	0.39	0.28
25	0.28	0.31	48.18	72.91	43.03	55.96	0.18	0.24	0.89	0.77
26	0.56	0.31	91.71	47.52	98.32	36.49	0.17	0.16	1.07	0.77
27	1.16	0.42	114.98	44.21	43.40	20.99	0.10	0.11	0.38	0.47
28	0.33	0.27	95.51	121.28	92.37	116.18	0.30	0.45	0.97	0.96

می‌دهد. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود پارامترهای حرکت زمین در حوزه نزدیک دارای مقادیر بیشتری نسبت به حوزه دور بوده که لزوم لحاظ ضرایب حوزه نزدیک را بیشتر نشان می‌دهد.

جدول ۴-۵ مقادیر ضرایب محاسبه شده حوزه نزدیک را برای دسته‌های مختلف رکوردها نشان می‌دهد. با توجه به این جدول نتایج زیر را می‌توان استخراج نمود.

0 بیشترین ضریب اصلاح PGA مربوط به دسته رکوردهای حوزه نزدیک بدون پالس می‌باشد که نشان می‌دهد در سازه‌های کوتاه اهمیت این دسته رکوردها از بقیه رکوردها بیشتر می‌باشد.

0 بیشترین ضریب اصلاح PGV مربوط به دسته مولفه نرمال رکوردهای حوزه نزدیک با وجود پالس می‌باشد که با توجه به وجود پالس سرعت در این رکوردها منطقی به نظر می‌رسد. با توجه به اختلاف زیاد میان این دسته از رکوردها با دیگر دسته‌ها، در سازه‌های متوسط اهمیت وجود یا عدم وجود پالس بیشتر مشهود است.

0 بیشترین ضریب اصلاح PGD مربوط به دسته مولفه نرمال رکوردهای حوزه نزدیک با وجود پالس می‌باشد که با توجه به وجود پالس جابجایی در این رکوردها منطقی به نظر می‌رسد. با توجه به

اختلاف زیاد میان این دسته از رکوردها با دیگر دسته‌ها، در سازه‌های بلند نیز اهمیت وجود یا عدم وجود پالس مشهود باشد.

- 0 بیشترین ضریب اصلاح نسبت PGV / PGA را نیز دسته مولفه نرمال رکوردهای حوزه نزدیک با وجود پالس دارا می‌باشند. این نتایج نشان می‌دهد که ناحیه شتاب حساس عریض تر و ناحیه سرعت حساس باریکتر می‌شود که باعث افزایش برش پایه و تغییرمکان نسبی طبقات می‌شود.
- 0 بیشترین ضریب اصلاح نسبت PGD / PGV هم مربوط به دسته مولفه نرمال رکوردهای حوزه نزدیک با وجود پالس می‌باشد. این نتایج باعث کاهش بیشتر در ناحیه حساس سرعت و افزایش ناحیه تغییرمکان حساس می‌شود.

جدول ۵-۲: پارامترهای مورد نیاز زمین برای رکوردهای حوزه دور

ID No.	رکوردهای حوزه دور									
	PGA		PGV		PGD		PGV/PGA		PGD/PGV	
	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
1	0.42	0.52	58.95	62.77	13.14	11.07	0.14	0.12	0.22	0.18
2	0.41	0.48	42.97	44.91	11.70	12.54	0.11	0.10	0.27	0.28
3	0.73	0.82	56.44	62.10	23.08	13.56	0.08	0.08	0.41	0.22
4	0.27	0.34	28.56	41.74	22.54	13.96	0.11	0.13	0.79	0.33
5	0.24	0.35	26.00	33.00	11.98	69.10	0.11	0.10	0.46	2.09
6	0.36	0.38	34.44	42.14	16.08	18.63	0.10	0.11	0.47	0.44
7	0.51	0.50	37.29	36.62	9.53	11.27	0.07	0.07	0.26	0.31
8	0.24	0.21	37.80	27.90	8.54	7.64	0.16	0.13	0.23	0.27
9	0.31	0.36	58.85	46.40	44.13	17.62	0.19	0.13	0.75	0.38
10	0.22	0.15	17.70	39.57	14.69	35.59	0.08	0.27	0.83	0.90
11	0.24	0.15	51.41	29.71	43.85	24.63	0.21	0.20	0.85	0.83
12	0.28	0.42	25.65	42.35	13.72	13.81	0.09	0.10	0.53	0.33
13	0.53	0.44	35.01	29.22	9.13	15.58	0.07	0.07	0.26	0.53
14	0.56	0.37	35.68	44.67	8.26	19.33	0.07	0.12	0.23	0.43
15	0.51	0.50	42.47	52.09	14.92	20.76	0.08	0.11	0.35	0.40

16	0.36	0.26	46.36	40.87	17.57	20.09	0.13	0.16	0.38	0.49
17	0.45	0.30	35.71	32.78	8.81	11.26	0.08	0.11	0.25	0.34
18	0.39	0.55	43.81	41.88	21.64	19.53	0.12	0.08	0.49	0.47
19	0.35	0.44	70.65	115.04	45.30	68.78	0.20	0.27	0.64	0.60
20	0.47	0.51	36.70	39.07	45.12	43.18	0.08	0.08	1.23	1.10
21	0.21	0.17	18.87	14.85	12.43	6.32	0.09	0.09	0.66	0.43
22	0.35	0.31	22.04	30.80	4.11	5.09	0.06	0.10	0.19	0.17

با کمی اغماض می توان گفت بیشینه ضرایب حوزه نزدیک در مولفه نرمال رکوردهای حاوی پالس اتفاق افتاده و غیر از ضریب مرتبط با حداکثر شتاب زمین، کمینه ضرایب حوزه نزدیک نیز در رکوردهای حوزه نزدیک بدون وجود پالس می باشد.

جدول ۳-۵: مقادیر میانه پارامترهای زمین برای دسته رکوردهای مختلف

میانه پارامترهای حرکت زمین					دسته های مختلف رکوردها
Median (PGD/PGV) (s)	Median (PGV/PGA) (s)	Median PGD (cm)	Median PGV (cm/s)	Median PGA (g)	
0.50	0.19	38.82	106.75	0.45	مولفه نرمال حوزه نزدیک با پالس
0.49	0.16	29.12	63.63	0.42	تمام رکوردهای حوزه نزدیک با پالس
0.35	0.10	16.24	47.85	0.50	تمام رکوردهای حوزه نزدیک بدون پالس
0.38	0.14	24.10	56.72	0.44	تمام رکوردهای حوزه نزدیک
0.42	0.11	14.81	39.32	0.37	تمام رکوردهای حوزه دور

جدول ۴-۵: مقادیر ضرایب حوزه نزدیک برای دسته های مختلف

ضرایب حوزه نزدیک					نسبت دسته رکوردهای مختلف به حوزه دور
F_{Td}	F_{Ts}	F_{PGD}	F_{PGV}	F_{PGA}	
1.20	1.80	2.62	2.71	1.24	نسبت مولفه نرمال حوزه نزدیک با پالس به تمام رکوردهای حوزه دور
1.18	1.48	1.97	1.62	1.15	نسبت تمام رکوردهای حوزه نزدیک با پالس به تمام رکوردهای حوزه دور
0.84	0.97	1.10	1.22	1.36	نسبت تمام رکوردهای حوزه نزدیک

					بدون پالس به تمام رکوردهای حوزه دور
0.91	1.29	1.63	1.44	1.21	نسبت تمام رکوردهای حوزه نزدیک به تمام رکوردهای حوزه دور

۵-۵- محدودیت‌های موجود در پیش بینی طیف طرح حوزه نزدیک در

ایران

همانطور که مشخص است روش پیشنهادی در این پایان نامه مبتنی بر انتخاب صحیح رکوردهای حوزه نزدیک و حوزه دور می‌باشد. هر چه رکوردهای منتخب با منطقه مورد بررسی تطابق بیشتری داشته باشند صحت ضرایب محاسبه شده بیشتر می‌شود. بنابراین مهمترین محدودیت پیش روی این تحقیق در کشور ایران نبود رکوردهای حوزه نزدیک مورد وثوق و مورد کاربرد در مقالات علمی معتبر می‌باشد. مهمترین رکوردها حوزه نزدیک در ایران رکورد بم و طیس بوده که در اکثر مقالات معتبر از این دو رکورد به علت عدم اطمینان از صحت آن، استفاده نمی‌شود.

دومین محدودیت نبود نقشه رقومی شده گسل‌ها در دسترس محققان به منظور تعیین فاصله دقیق شهرها از گسل‌ها و عدم بررسی کامل شرایط لرزه‌خیزی گسل‌های واقع شده در نزدیکی شهرها، می‌باشد.

فصل ششم

شبیه‌سازی عددی

۶-۱- پیشگفتار

رفتار یک سازه در حین زلزله یک مسئله پیچیده و متغیر است. در این بخش قصد داریم به مطالعه رفتار سازه‌ها در برابر رکوردهای حوزه نزدیک و حوزه دور پردازیم. در بخش اول به طور کلی به معرفی مدل‌ها و مبانی طراحی آن‌ها می‌پردازد. در خلال این موضوع دلایل انتخاب یک مدل یا فرضیه آورده شده است و در ادامه به نحوه در نظر گرفتن خصوصیات مصالح، توزیع جرم‌ها تأثیرات $P-\Delta$ و ... بطور مختصر اشاره می‌گردد تا نتایج بدست آمده جهت انجام تحقیقات بعدی قابل استفاده باشد. در بخش دوم به معرفی نرم‌افزار اپنسیسز، که به منظور تحلیل رفتار سازه‌ها در برابر زلزله استفاده شده است پرداخته و دلایل استفاده از این نرم‌افزار را بیان می‌کنیم. در بخش آخر به بررسی پاسخ سازه‌ها تحت رکوردهای واقعی و مقیاس شده حوزه دور و حوزه نزدیک می‌پردازیم.

۶-۲- مدل‌های استفاده شده در این تحقیق

۶-۲-۱- مشخصات کلی سازه‌ها

به منظور بررسی پاسخ سازه‌ها در نواحی مختلف، طیفی از سه سازه ۳ و ۷ و ۱۵ طبقه که دلالت بر سازه‌های کوتاه و متوسط و بلند می‌باشد، در این تحقیق استفاده شده است. مقایسه نتایج هرکدام از سازه‌ها با هم، تفاوت بر روی نمودارها و نتیجه‌گیری کلی از مجموع کار انجام شده نیازمند وجود مرجعی برای طراحی مدل‌های موجود بود لذا از میان مدارک آیین‌نامه‌های مختلف نظیر FEMA، UBC، IBC، ATC و ...، آیین‌نامه UBC97 برای طراحی سازه‌ها انتخاب گردید که بیشترین نزدیکی را به آیین‌نامه فولاد ایران مبحث دهم (به روش تنش مجاز) و آیین‌نامه زلزله ایران دارد.

۶-۲-۲- معرفی مدل‌ها

همانگونه که قبلاً اشاره شد در این پروژه از ۳ سازه ۳، ۷ و ۱۵ طبقه مورد بررسی قرار می‌گیرد. جهت اجتناب از تأثیرات نامتقارن بودن هندسی، پلان مدل‌ها به صورت متقارن و مشابه یکدیگر در نظر گرفته شده است. هر مدل متشکل از چهار دهانه پنج متری در هر بعد می‌باشد، ارتفاع طبقات ۳/۲ متر بوده و سیستم لرزه بر ساختمان‌ها سیستم قاب خمشی متوسط می‌باشد.

۶-۲-۳- فرضیات طراحی

مبنای طراحی سازه‌ها آیین‌نامه مبحث دهم می‌باشد. بارگذاری ثقلی شامل بار مرده و زنده و بارگذاری لرزه‌ای بر مبنای مبحث ششم و آیین‌نامه ۲۸۰۰ می‌باشد. لازم به ذکر است بارگذاری برف و بار باد بدلیل آنکه خارج از مورد بحث این پروژه می‌باشد و گاهی (خصوصاً باد در سازه‌های بلند) میتواند با غالب شدن در بعضی نواحی سبب انحراف از نتایج از مسیر اصلی می‌گردد، در نظر گرفته نشده است. در تحلیل‌های اولیه و طراحی از نرم‌افزار ETABS 2000 که یکی از قوی‌ترین و رایج‌ترین نرم‌افزارهای تحلیل و طراحی می‌باشد، استفاده شده است.

۶-۲-۳-۱- بارگذاری

بارهای مرده و زنده و زلزله به ترتیب در ادامه آورده شده است.

بار مرده کف شامل وزن مصالح به کار رفته در کف و وزن تیغه‌بندی بدون در نظر گرفتن وزن قیوها 550 kg/m^2 در نظر گرفته شده است. بار مرده بطور یکسان به تمام کف‌ها و بار زنده کف‌ها برای طبقات 200 kg/m^2 و برای بام 150 kg/m^2 در نظر گرفته شده است و ترکیبات بارگذاری جهت طراحی به روش تنش مجاز با مبحث دهم :

- | | |
|----------|------------------------|
| 1) D | 3) $0.75(D + L \pm E)$ |
| 2) D + L | 4) $0.75(D \pm E)$ |

D: بار مرده شامل وزن مصالح و وزن مقاطع

L: بار زنده ورودی

E: بار زلزله ورودی

فرضیات انجام شده برای بارگذاری لرزه‌ای نیز به شرح زیر می‌باشد:

-منطقه لرزه خیزی ، با خطر نسبی خیلی زیاد فرض شده است

-خاک منطقه را بطور فرضی و با توجه به رکوردهای انتخاب شده منطبق با خاک نوع III در نظر

می‌گیریم

-ضریب اهمیت ساختمان را با توجه به بررسی انجام گرفته برای ساختمان‌های مسکونی برابر یک در

نظر می‌گیریم

روش در نظر گرفته شده برای اعمال بار جانبی بر مبنای آیین‌نامه ۲۸۰۰، روش استاتیکی معادل

نیروی برش طبقه از رابطه (۱-۶) بدست می‌آید.

$$V = \frac{ABI}{R} W \quad (1-6)$$

با توجه به آیین‌نامه ۲۸۰۰، $R=7$ ، $I=1$ ، $A=0.35$ و B بستگی به پریود سازه و نوع خاک داشته

بنابراین برای هر سازه بطور مجزا تعریف می‌شود.

تاثیر $P-\Delta$ نیز با توجه به ارتفاع سازه از اهمیت بالایی برخوردار است، لذا در تحلیل و طراحی منظور

گردیده است.

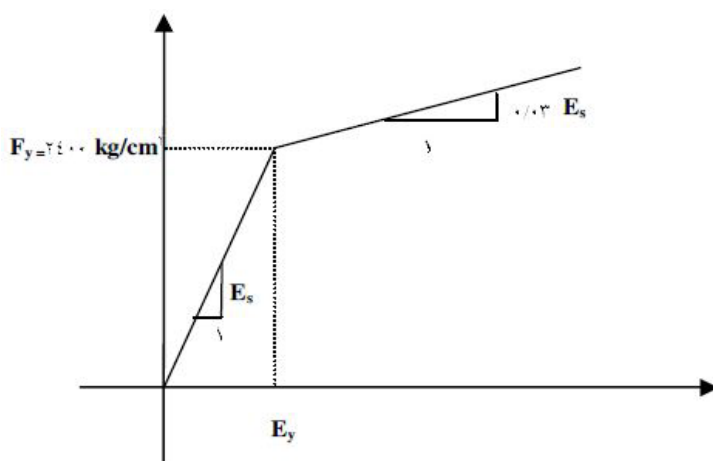
۶-۲-۳-۲- مصالح و مقاطع در نظر گرفته شده

نوع فولاد در نظر گرفته شده st37 یا همان فولاد نرمه ساختمانی با مقاومت جاری شدن

2400 kg/cm^2 و مقاومت نهایی 3700 kg/cm^2 و مدول الاستیسیته $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ ، چگالی

فولاد برابر 7833 kg/cm^3 ضریب پواسون 0.3 و برای تعریف شرایط غیرخطی مصالح از منحنی شکل

۱-۶ استفاده گردید.



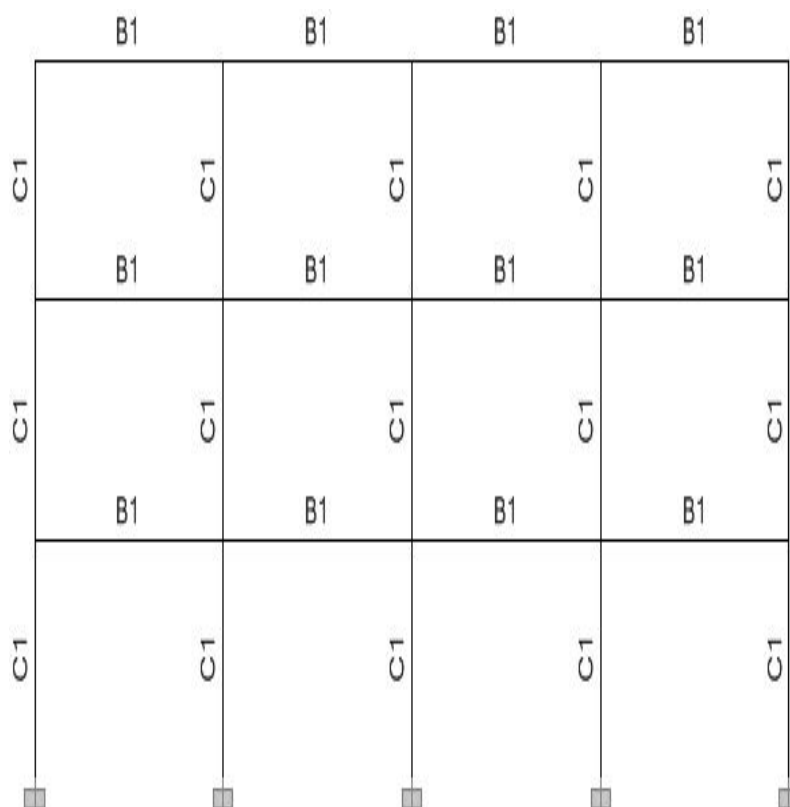
شکل ۶-۱: تعریف شرایط غیرخطی فولاد

حد بالای تغییر مکان نسبی مجاز 0.02 ارتفاع طبقه و ماکزیمم خیز مجاز اعضا $L/240$ و $L/360$ (L طول عضو) می‌باشد که به عنوان محدودیت در طراحی‌ها اعمال می‌شوند. مقاطع استفاده شده در ستون‌ها به صورت BOX و مقطع استفاده شده در تیرها به صورت تیر ورق به شکل پروفیل I می‌باشد.

اتصالات تیر و ستون به یکدیگر و اتصال ستون‌ها به پی بصورت صلب در نظر گرفته شده است.

۶-۲-۳-۳- قاب‌های مورد استفاده برای تحلیل آنالیز غیرخطی

با توجه به محاسبات زیاد و سنگین در سازه‌های سه بعدی و تعداد زیاد آنالیزهای غیرخطی و عدم بررسی موده‌ای پیچشی در این تحقیق از سه سازه دو بعدی استفاده می‌شود به منظور تطابق بیشتر با واقعیت از تیبندی مقاطع در طبقات نیز استفاده شده است. مدل‌های به کار برده شده در این تحقیق به همراه مقاطع آن در شکل ۶-۲ تا شکل ۶-۴ نمایش داده شده است.



مقاطع تیر: (I شکل)

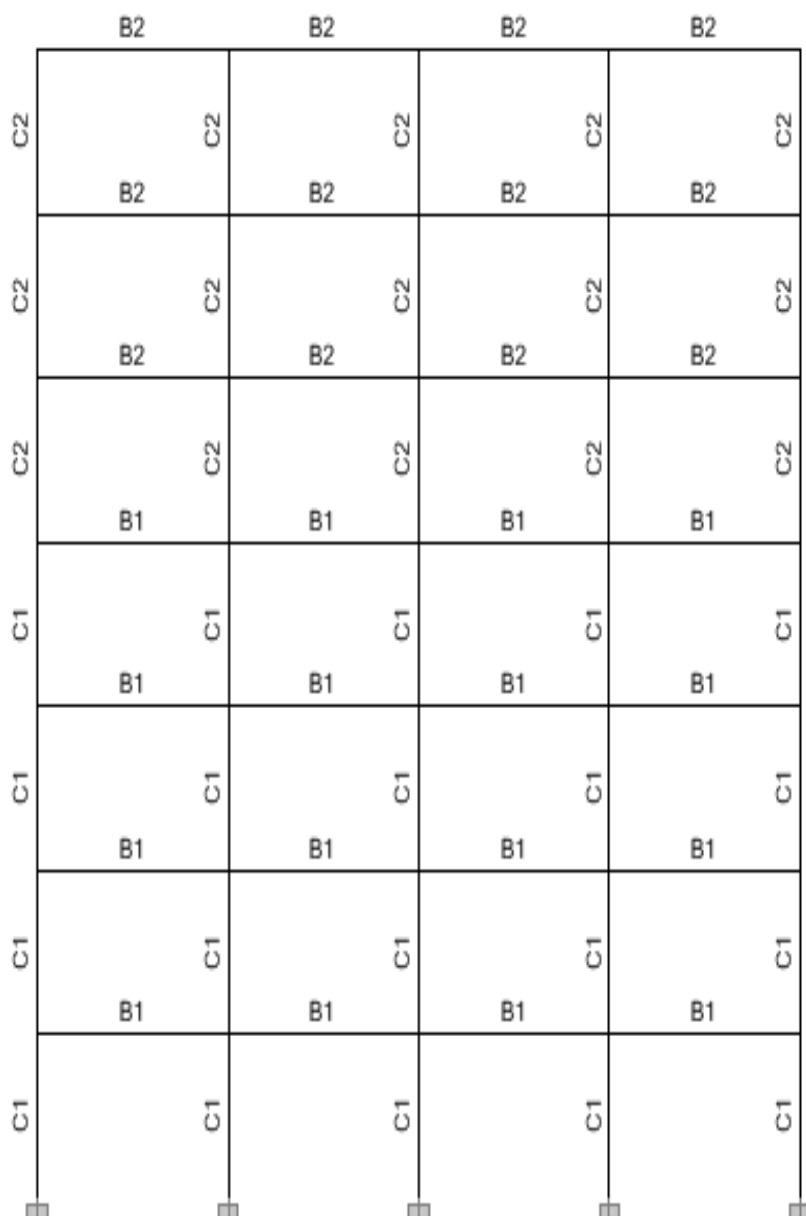
B1:

2PL17.5×2 WPL31×0.8cm

مقاطع ستون:

C1: Box 30×30×3cm

شکل ۶-۲: قاب ۳ طبقه



مقاطع تیر: (I شکل)

B1:

2PL 20×2 WPL 36×0.8cm

B2:

2PL 17.5×2 WPL 31×0.8cm

مقاطع ستون:

C1: Box 30×30×2 cm

C2: Box 25×25×2 cm

شکل ۶-۳: قاب ۷ طبقه

	B4	B4	B4	B4
C3	C3 B4	C3 B4	C3 B4	C3 B4
C3	C3 B4	C3 B4	C3 B4	C3 B4
C3	C3 B3	C3 B3	C3 B3	C3 B3
C3	C3 B3	C3 B3	C3 B3	C3 B3
C3	C3 B3	C3 B3	C3 B3	C3 B3
C3	C3 B3	C3 B3	C3 B3	C3 B3
C2	C2 B2	C2 B2	C2 B2	C2 B2
C2	C2 B2	C2 B2	C2 B2	C2 B2
C2	C2 B2	C2 B2	C2 B2	C2 B2
C2	C2 B2	C2 B2	C2 B2	C2 B2
C2	C2 B2	C2 B2	C2 B2	C2 B2
C2	C2 B2	C2 B2	C2 B2	C2 B2
C2	C2 B1	C2 B1	C2 B1	C2 B1
C1	C1 B1	C1 B1	C1 B1	C1 B1
C1	C1	C1	C1	C1

شکل ۶-۴: قاب ۱۵ طبقه

مقاطع تیر: (I شکل)

B1:
2PL 25×2.5WPL 36×1.1cm

B2:
2PL 25×2.5 WPL 36×1cm

B3:
2PL 20×2 WPL 36×0.8cm

B4:
2PL 17.5×2 WPL 31×0.8cm

مقاطع ستون:

C1: Box 40×40×2.5cm

C2: Box 40×40×2cm

C3: Box 30×30×2cm

۶-۳- نرم‌افزار استفاده شده برای تحلیل

جهت درک بهتر رفتار سازه‌ها در هنگام زمین‌لرزه تحقیقات گسترده‌ای انجام یافته است. با توجه به پیچیدگی ذاتی سازه‌ها، اغلب تحقیقات بر روی رفتار المان تمرکز شده است. مدل‌ها و نتایج استخراج شده از این مطالعات به گونه‌ای جمع‌آوری می‌شود تا بتوان پاسخ تمام سازه‌ها را بدست آورد. اولین برنامه کامپیوتری معتبر در این زمینه نرم‌افزار DRAIN-2D بود که در سال ۱۹۷۳ با استفاده از تمام دانش آن زمان ارائه گردید. این برنامه در طول سالیان دستخوش اصلاحات بسیاری گردیده است و ویرایش جدید آن DRAIN-2DX در سال ۱۹۸۸ ارائه گردید و سپس نسخه‌ای از همین نرم‌افزار با قابلیت سه بعدی با نام DRAIN-3DX ارائه گردید.

از آن زمان تاکنون تعدادی نرم‌افزار جهت تحلیل دینامیکی غیرخطی سازه‌های ساختمانی معرفی شده‌اند. از میان آن‌ها SARCFC، IDRAC، ANSR مورد استفاده وسیعی قرار گرفتند.

با وجود قابلیت‌های فراوانی که این نرم‌افزارها داشته و روز به روز نیز بر توانایی آنها افزوده می‌گردد ولی مشکلاتی نیز در استفاده از آنها پیش‌روی است که می‌توان آنها را به دو دسته کلی تقسیم نمود:

۲- نواقص و کاستی‌های موجود در برنامه: این موارد شامل پارامترهایی است که در تحلیل سازه‌ها توسط این نرم‌افزارها لحاظ شده‌اند که عمده‌ترین آنها عبارتند از:

- عدم دسترسی به متن اصلی برنامه‌ها جهت اعمال تغییرات لازم در آنها
- عدم توانایی در مدلسازی مواد و مصالح مختلف با رفتارهای متفاوت
- عدم توانایی در مدلسازی المان‌های جدید
- محدودیت در نوع بارگذاری سازه
- طولانی بودن مدت زمان لازم جهت انجام تحلیل به خصوص در سازه‌هایی با تعداد اجزاء زیاد و بسیاری دیگر از موارد که در کاربردهای مختلف از دقت نتایج تحلیل می‌کاهد.

۲- محدودیت ناشی از عدم دسترسی: این بخش از محدودیت‌ها به خصوص در نقاطی از جهان مانند کشور ما می‌تواند مشکلات زیادی را در تحلیل سازه‌ها ایجاد کند که مهمترین آنها عبارتند از:

- دسترسی نداشتن به نسخه اصلی برنامه.

- محدودیت در تعداد المان‌ها.

- عدم اطمینان به نتایج بدست آمده.

با توجه به موارد ذکر شده و با نظر به اینکه قسمت عمده مطالعات انجام شده در این پروژه بر مبنای نتایج بدست آمده از تحلیل دینامیکی غیرخطی سازه‌هایی با تعداد المان نسبتاً زیاد می‌باشد لازم بود تا نرم‌افزاری قابل اعتماد و قابل دسترسی جهت انجام تحقیق مورد استفاده قرار گیرد. پس از بررسی نرم‌افزارهای موجود در این زمینه و مقایسه توانایی‌های مختلف آنها برنامه کامپیوتری Opensees که توسط موسسه تحقیقاتی PEER تهیه شده است برگزیده شد. نرم‌افزار Opensees یک چارچوب شی‌گرا برای تحلیل اجزاء محدود است. متن برنامه و دستورات داخل آن با استفاده از زبان برنامه نویسی Tcl/Tk نوشته شده است. ویژگی کلیدی این نرم‌افزار قابلیت تغییرپذیری مولفه‌های تشکیل دهنده آن و توانایی اضافه کردن مولفه‌های جدید به داخل برنامه مانند افزودن مصالح مختلف، بدون نیاز به تغییر در هسته اصلی برنامه است. در ادامه ویژگی‌ها و توانایی‌های خاص این برنامه که آن را از سایر نرم‌افزارهای تحلیل دینامیکی غیرخطی متمایز می‌سازد ارائه شده است [۳۷].

۶-۳-۱- ویژگی‌ها

- امکان دسترسی به متن اصلی برنامه (Open source بودن)

مهمترین خصوصیت این نرم‌افزار، امکان دسترسی به متن اصلی برنامه توسط کاربران است. این موضوع سبب می‌گردد تا بتوان تغییرات نظر را در داخل آن ایجاد نمود و همچنین از نتایج آن اطمینان بیشتری حاصل کرد.

- رایگان بودن

ویژگی بسیار مهمی که به خصوص در کشور ما می‌تواند مورد توجه باشد، دسترسی رایگان به فایل‌های اجرایی و مدارک و مثال‌های این برنامه است که به راحتی در سایت آن قابل برداشت است.

- عدم محدودیت تعداد المان‌ها

در نرم‌افزارهایی همچون IDARC، تعداد المان‌ها در نسخه بتای آنها دارای محدودیت است که جهت رفع آن لازم است تا نسخه اصلی آن در دسترس باشد ولی این موضوع در نرم‌افزار Opensees مطرح نیست.

- وجود واسط‌های گرافیکی

یکی از مشکلات نرم‌افزارهایی چون IDARC و DRAIN و ... وارد نمودن اطلاعات و استخراج نتایج از آنهاست. زیرا اطلاعات ورودی می‌بایست توسط یک فایل متن به برنامه داده شود و نتایج خروجی نیز به صورت فایل متن قابل دسترس است. این مشکل در نرم‌افزار Opensees توسط نرم‌افزارهای وابسته ای که تهیه شده تا حدود زیادی مرتفع گردیده است. به گونه ای که حتی می‌توان مدل سازه را در نرم‌افزارهای سه بعدی مانند SAP2000 یا ETABS تهیه نمود و سپس توسط نرم‌افزار موسوم به OSP آن را به فایل متن ورودی جهت تحلیل در Opensees تبدیل نمود و یا حتی سازه ایجاد شده توسط فایل متن را به صورت گرافیکی مشاهده کرد. این خصوصیت سبب می‌گردد تا از بسیاری اشتباهات جلوگیری شود.

– افزایش سرعت در تحلیل

با استفاده از الگوریتم‌های موجود در برنامه می‌توان زمان مورد نیاز جهت تحلیل را بسیار کاهش داد این امر بخصوص با توجه به موضوع مورد بحث در این پروژه که بررسی سازه‌های بلند مرتبه می‌باشد اهمیت بیشتری می‌یابد.

– قابلیت تحلیل به صورت سه بعدی

– امکان بارگذاری تیر به صورت گسترده

موارد بسیار نیز وجود دارد که به سبب آنکه در این پروژه استفاده نشده‌اند از ذکر آن خودداری می‌شود. جزئیات مدل‌سازی و نحوه تحلیل سازه‌ها در ادامه به تفصیل بیان شده است [۳۸].

۶-۳-۲- مدل‌سازی سازه‌ها

در این قسمت دستورات و پارامترهای استفاده جهت مدل‌سازی، بارگذاری و تحلیل سازه معرفی می‌شود تا امکان بررسی آنها به صورت بهتر و دقیق‌تر فراهم شود. نمونه ای از فایل متن ورودی نیز در پیوست ۲ ارائه شده است.

۶-۳-۱- هندسه مدل

– با توجه به موارد ذکر شده در بخش‌های قبلی از یک مدل دو بعدی با ۳ درجه آزادی در هر گره استفاده می‌شود. دو درجه آزادی انتقالی و یک درجه آزادی چرخشی.

– گره‌ها با توجه به دو بعدی بودن مسئله، توسط دو مختصات X و Z در سیستم مختصات کلی معرفی می‌شوند.

– با توجه به گیردار بودن تکیه گاه‌ها، گره‌های مزبور امکان انتقال و چرخش را ندارند.

- برای در نظر گرفتن عملکرد دیافراگمی سقف، حرکت گره‌های با Z یکسان در راستای X به هم مقید شده‌اند.

- برای تبدیل سیستم محلی به سیستم کلی از یک تبدیل هندسی با در نظر گرفتن اثر $P-\Delta$ استفاده شده است.

۶-۳-۲-۲- جرم

جرم مربوط به وزن اعضا شامل تیرها، ستون‌ها، بادبندها و جرم ناشی از بار مرده و درصدی از بار زنده به صورت متمرکز در گره‌ها وارد شده است تا در تحلیل دینامیکی مورد استفاده قرار گیرد.

۶-۳-۲-۳- خصوصیات مصالح

با توجه به اینکه سازه‌های طراحی شده دارای مقاطع فولادی می‌باشند از مصالح فولادی موجود در برنامه به تنش تسلیم 2400 kg/cm^2 و مدول الاستیسیته اولیه $E_s = 2.1 \times 10^6$ و نسبت سختی ثانویه $b_s = 0.03$ استفاده شده است. این خصوصیات، رفتار واقعی مصالح استفاده شده در طراحی را به خوبی بیان می‌کند.

۶-۳-۲-۴- مقاطع

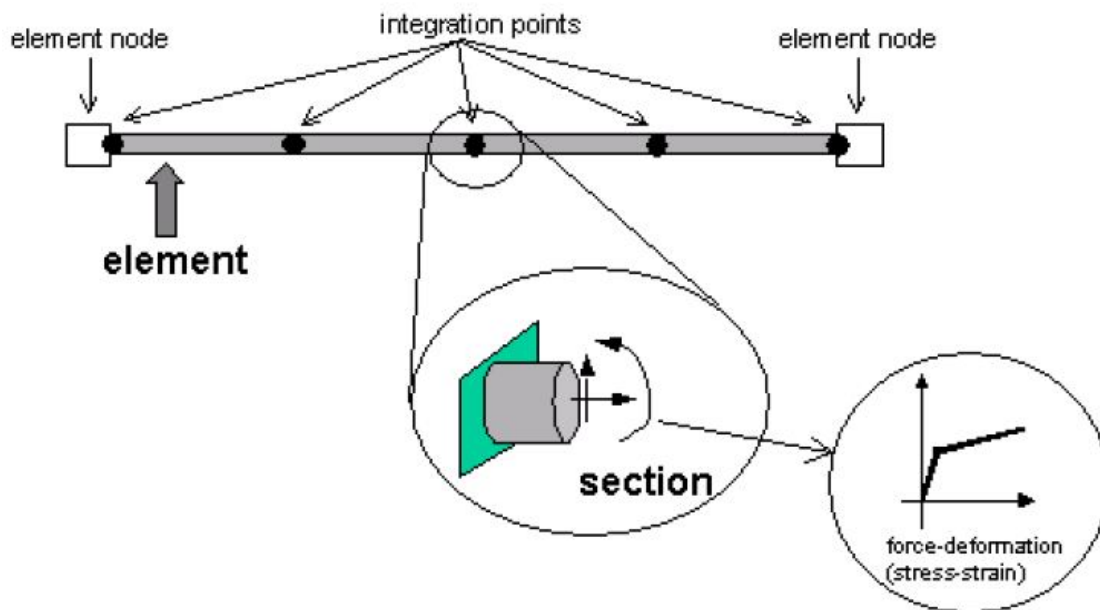
در نرم‌افزار OpenSees مقاطع را می‌توان به سه صورت تعریف نمود :

۱- الاستیک: این نوع مقاطع فقط توسط نوع مصالح و ثابت‌های هندسی مانند مساحت، ممان اینرسی و ... تعریف می‌گردند.

۲- رابطه بین نیرو - تغییر شکل: این نوع مقاطع را توسط بیان رابطه ای بین نیرو تغییر مکان معرفی می‌نمایند مثال بارز آن رابطه لنگر و انحنای است.

۳- فایبر: در این نوع مقاطع، سطح به چند جز تقسیم می‌گردد و سپس با برآیندگیری تنش و کرنش روی اجزا مختلف رفتار کلی مقطع مشخص می‌گردد. این نوع مقاطع به خصوص در مورد مقاطع بتن مسلح به کار برده می‌شود.

چون در مدل‌سازی تیرها از مقاطع I شکل استفاده شده است برای مدل‌سازی آنها از مقاطع فایبری که مقطع را به سه جزء (۲ بال و ۱ جان) تقسیم‌بندی می‌کند استفاده می‌شود. در مدل‌سازی ستون‌ها از مقاطع Box شکل استفاده شده است برای مدل‌سازی آنها از مقاطع فایبری که مقطع را به چهار جزء (۲ بال و ۲ جان) تقسیم‌بندی می‌کند استفاده می‌شود. اجزا موجود در مدل‌های مورد بررسی شامل اعضای خمشی تیرها و ستون‌ها می‌باشند. برای اعضای خمشی از المان غیرخطی تیر-ستون^{۵۴} استفاده شده است که پارامترهای زیر را شامل می‌شود:



بیان گرافیکی مقاطع و رفتار مصالح

- تعداد نقاط مشخصه تیر و ستون برابر ۵ انتخاب شده است. یعنی اعضا تیر و ستون در ۵ نقطه شناخته می‌شوند که با توجه به طول آن‌ها که به ترتیب ۵ و ۳/۲ متر می‌باشند تعداد مناسبی خواهد بود.
- نوع مقطع، با توجه به تعریف خصوصیات هندسی مقطع و مصالح استفاده شده در آن در بخش مقاطع و مصالح، در این قسمت فقط نام مقطع مورد نظر به تیر یا ستون نسبت داده می‌شود.
- لازم است تا به هر یک از اعضا، تبدیل معرفی شده در بخش هندسه مدل، نسبت داده شود.

۶-۳-۲-۵- بارگذاری

- بارگذاری استاتیکی

وزن اعضای موجود در قاب مورد نظر و همچنین بار مرده و زنده وارد بر آنها به صورت بار در واحد طول بر روی المان‌ها در نظر گرفته می‌شود.

- بارگذاری دینامیکی

برای اعمال نیروی زلزله به سازه، رکوردی از شتاب زمین را در راستای افقی به گره‌های تکیه‌گاهی وارد می‌گردد.

۶-۳-۲-۶- تحلیل

- تحلیل استاتیکی

پیش از آغاز تحلیل دینامیکی ابتدا لازم است تا تحلیل استاتیکی انجام شوه و نیروهای وارد شده و نیروهای موجود در اعضا تحت بارهای ثقلی محاسبه شود.

– تحلیل دینامیکی

پس از انجام تحلیل استاتیکی، زمان صفر شده و تحلیل دینامیکی آغاز می‌گردد. برای انجام این تحلیل از روش نیومارک با ضرایب $\beta = 0.25$ و $\gamma = 0.5$ استفاده می‌شود. برای حل معادلات نیز به جهت افزایش سرعت از روش کرایلف-نیوتن استفاده شده است. نکته مهمی در انجام این تحلیل‌ها به چشم می‌خورد حساسیت تحلیل‌ها به بازه زمانی انتخاب شده با توجه به محدود بودن مراحل سعی و خطا در حل معادله با افزایش تعداد المان‌های همگرایی میسر نمی‌شد به همین دلیل در تمام سازه‌ها از بازه زمانی $0.05/0$ ثانیه در نظر گرفته شده است.

۶-۳-۳- صحت‌سنجی مدل‌های ساخته شده بوسیله Opensees با نرم‌افزار

Sap

با توجه به اینکه مدل‌های ساخته شده در Opensees به صورت کدنویسی می‌باشد و احتمال خطا و اشتباه در مدلسازی زیاد است لذا در این بخش می‌خواهیم به منظور اطمینان از صحت مدلسازی این مدل‌ها را در نرم‌افزار Sap مدلسازی کرده و پارامترهای زیر را بین دو مدل صحت‌سنجی کنیم.

۶-۳-۳-۱- پریود و وزن سازه‌ها

در جدول ۶-۱ مقایسه‌ای میان پریود مد اول محاسبه شده توسط هر دو نرم‌افزار، انجام شده است. همانطور که مشاهده می‌شود اختلاف موجود بسیار کم بوده که نشان از صحت مدلسازی قاب‌ها با استفاده از Opensees می‌باشد.

جدول ۶-۱: مقایسه پریود در دو نرم‌افزار Sap و opensees

درصد خطا	Opensees	Sap	نوع قاب
	T(s)	T(s)	
0.1%	0.7855	0.7864	۳ طبقه
0.3%	1.1801	1.1834	۷ طبقه
0.7%	1.9493	1.9630	۱۵ طبقه

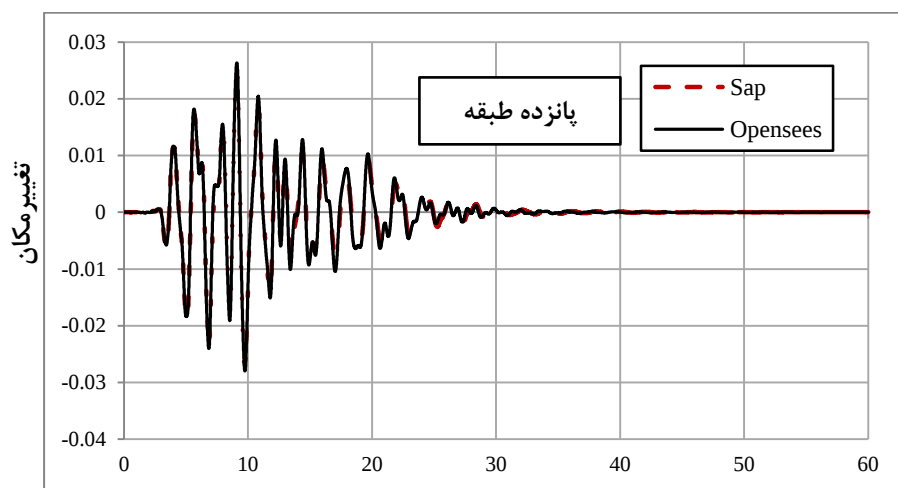
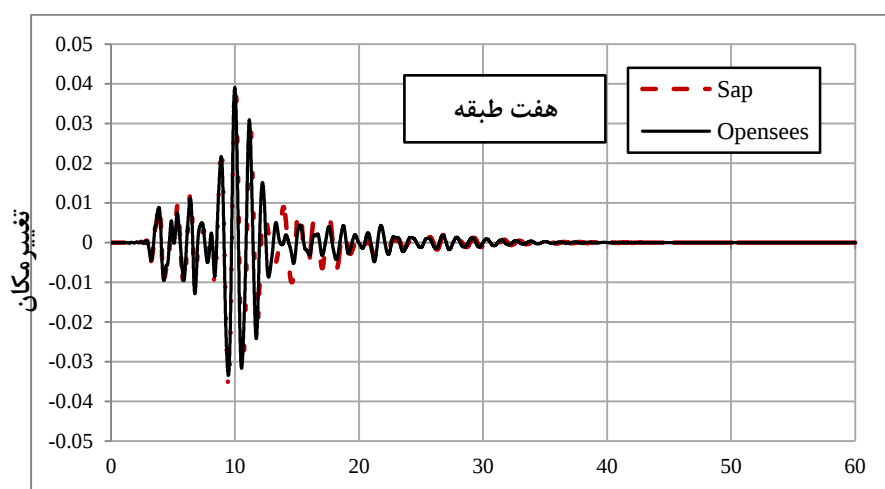
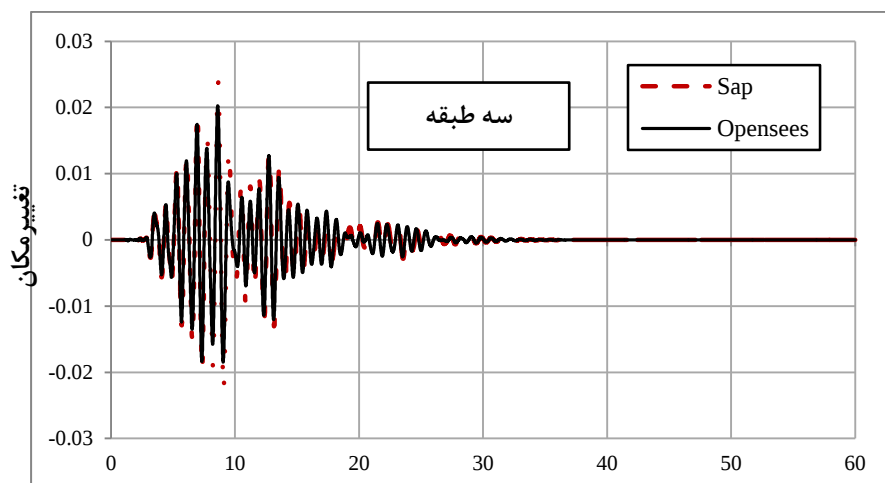
وزن سازه‌های محاسبه شده در هر دو نرم‌افزار ناشی از بار مرده و ضریبی از بار زنده است. اختلاف اندک در جدول ۶-۲ نشان از صحت مدلسازی و بارگذاری انجام شده در هر دو مدل دارد.

جدول ۶-۲: مقایسه وزن سازه‌ها در دو نرم‌افزار Sap و opensees

درصد خطا	Opensees	Sap	نوع قاب
	W(kg)	W(kg)	
0.03%	177906	177842	۳ طبقه
0.0001%	415746	415797	۷ طبقه
0.002%	893125	893149	۱۵ طبقه

۶-۳-۲- تحلیل تاریخچه زمانی خطی

هر سه سازه مدلسازی شده در هر دو نرم‌افزار Opensees [۳۹] و Sap را آنالیز تاریخچه زمانی تحت اولین رکورد حوزه دور موجود در پیوست ۱ قرار داده و در شکل ۶-۵ با هم مقایسه می‌کنیم. البته به منظور اینکه سازه‌ها در حوزه خطی بماند ضریب مقیاس رکورد را عدد کوچکی مانند 0.1g در نظر می‌گیریم تا سازه‌ها وارد مرحله غیرخطی نشود. همان طور که در اشکال زیر مشاهده می‌شود که مدل‌ها از صحت قابل قبولی برخوردار می‌باشند.



شکل ۵-۶: تحلیل تاریخچه زمانی خطی تغییر مکان در سازه‌ها با استفاده از هر دو نرم‌افزار

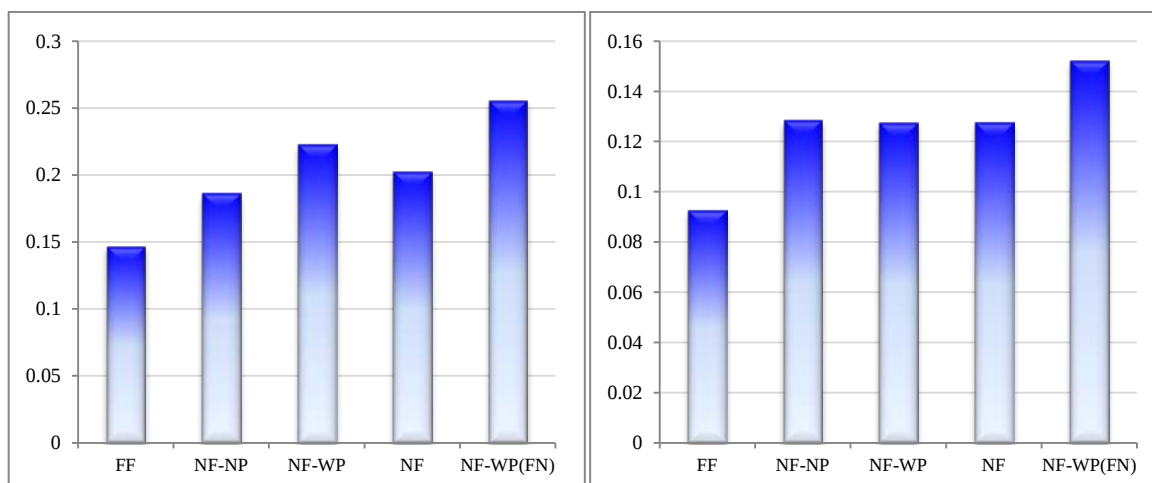
۶-۴- رفتار سازه‌ها تحت رکوردهای واقعی

در این قسمت قصد داریم پاسخ سازه‌ها را برای تحلیل دینامیکی غیرخطی تحت رکوردهای واقعی حوزه دور و حوزه نزدیک محاسبه کنیم. پارامترهای مورد بررسی برای رفتار سازه‌ها در این تحقیق، تغییرمکان حداکثر سازه، بررسی تغییرمکان در ارتفاع سازه، بررسی برش پایه می‌باشد. برای مقایسه بیشتر در این تحقیق از پنج دسته رکورد، تمام رکوردهای حوزه دور (۴۴ رکورد)، تمام رکوردهای حوزه نزدیک (۵۶ رکورد)، تمام رکوردهای حوزه نزدیک با وجود پالس (۲۸ رکورد)، تمام رکوردهای حوزه نزدیک بدون وجود پالس (۲۸ رکورد)، مولفه نرمال رکوردهای حوزه نزدیک با وجود پالس (۱۴ رکورد) استفاده می‌شود. در مطالعه هر کدام از پارامترهای رفتار ابتدا به پاسخ میانه هر پارامتر که نشان دهنده برآیندی از رفتار آن دسته می‌باشد اشاره شده است و در ادامه به منظور درک بهتر پاسخ سازه نسبت به هر رکورد به تحلیل حساسیت رکورد به رکورد پارامترهای رفتار به مشخصات زمین پرداخته شده است.

۶-۴-۱- تغییرمکان حداکثر سازه

یکی از پارامترهایی که بعد از طراحی نقش کنترلی را ایفا می‌کند تغییرمکان حداکثر سازه می‌باشد. تغییرمکان حداکثر سازه معمولاً در نقطه ای از بام اتفاق می‌افتد. در شکل ۶-۶ تا شکل ۶-۸ میانه تغییرمکان حداکثر هر سازه برای دسته‌های مختلف رکورد مشاهده می‌شود. برای سازه ۳ طبقه همانطور که در شکل ۶-۶ مشاهده می‌شود بیشترین تغییرمکان مربوط به دسته مولفه نرمال حوزه نزدیک با وجود پالس می‌باشد و بقیه رکوردها تقریباً تغییرمکان بیشینه یکسانی داشته و کمترین مقدار مربوط به رکوردهای حوزه دور می‌باشد. این شرایط برای شکل ۶-۷ که سازه ۷ طبقه را نشان می‌دهد نیز حکم فرماست. در این حالت هم رکوردهای دارای پالس تغییرمکان بیشینه به مراتب

بزرگتری را کسب کرده اند. در شکل ۶-۸ که سازه ۱۵ طبقه مورد بررسی قرار گرفته است وجود یا عدم وجود پالس حوزه نزدیک مشهودتر است.

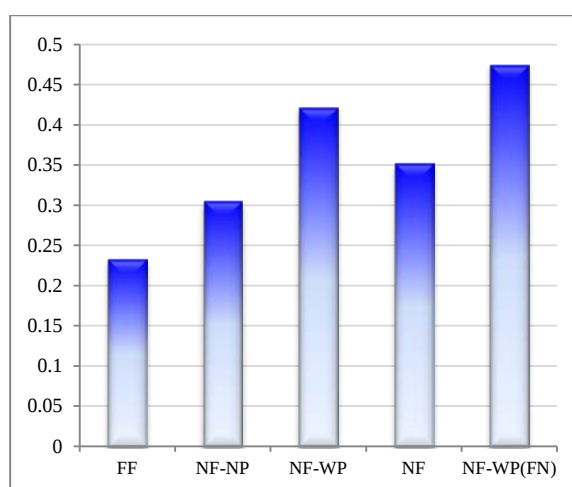


شکل ۶-۷: میانگین تغییرمکان ماکزیمم در دسته‌های مختلف

شکل ۶-۸: میانگین تغییرمکان ماکزیمم در دسته‌های مختلف رکورد برای سازه ۳ طبقه

رکورد برای سازه ۷ طبقه

مختلف رکورد برای سازه ۳ طبقه



شکل ۶-۸: میانگین تغییرمکان ماکزیمم در دسته‌های مختلف رکورد برای سازه ۱۵ طبقه

مختلف رکورد برای سازه ۱۵ طبقه

به منظور بررسی ضریب اعمال شده در تحلیل‌های دینامیکی غیرخطی نسبت تغییرمکان ماکزیمم هر دسته رکورد را به دسته رکوردهای دور از گسل بررسی می‌نماییم. جدول ۶-۳ تا جدول ۶-۵ برای همه سازه‌ها نشان می‌دهد بیشترین ضریب مربوط به مولفه نرمال رکورد می‌باشد. این نسبت در

رکوردهای با وجود پالس در سازه ۱۵ طبقه بیش از ۲ و در سازه ۷ طبقه نزدیک به ۱/۶ و در سازه ۳ طبقه حدود ۱/۴ می‌باشند که تقریباً با ضرایب اعمالی در نواحی مختلف طیفی منطبق می‌باشند. همانطور که مشخص است وجود یا عدم وجود پالس در سازه‌های بلند بیشتر مشهود است به همین دلیل ضرایب در نظر گرفته شده برای این سازه‌ها بیشتر می‌باشد.

جدول ۳-۶: نسبت تغییرمکان ماکزیمم در همه دسته رکوردها به رکوردهای حوزه دور در سازه ۳ طبقه

FF	NF-NP	NF-WP	NF	NF-WP(FN)
1.000	1.387	1.378	1.378	1.646

جدول ۴-۶: نسبت تغییرمکان ماکزیمم در همه دسته رکوردها به رکوردهای حوزه دور در سازه ۷ طبقه

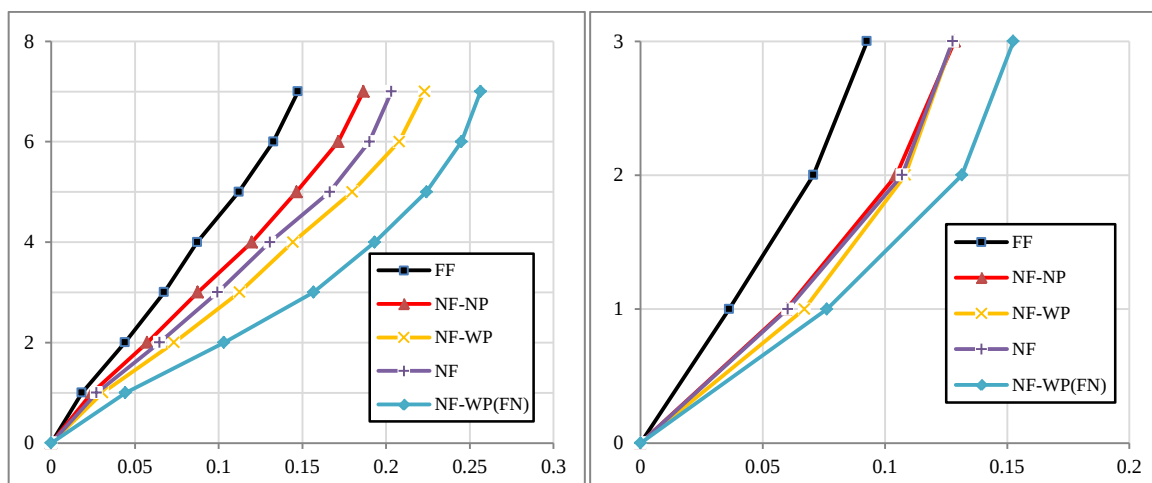
FF	NF-NP	NF-WP	NF	NF-WP(FN)
1.000	1.265	1.513	1.379	1.740

جدول ۵-۶: نسبت تغییرمکان ماکزیمم در همه دسته رکوردها به رکوردهای حوزه دور در سازه ۱۵ طبقه

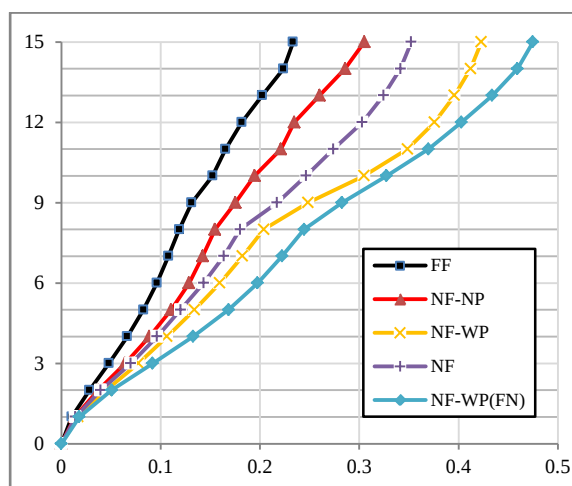
FF	NF-NP	NF-WP	NF	NF-WP(FN)
1.000	1.308	1.812	1.510	2.034

۶-۴-۲- بررسی تغییرمکان بیشینه در ارتفاع سازه

شکل ۹-۶ تا شکل ۱۱-۶ تغییرمکان بیشینه در ارتفاع را برای سازه‌های کوتاه، متوسط و بلند و برای تمامی دسته‌های رکوردهای مورد بررسی نشان می‌دهد. در تمامی این اشکال حد بالا مربوط به دسته مولفه نرمال رکوردهای حوزه نزدیک با وجود پالس و حد پایین مربوط به دسته رکوردهای حوزه دور می‌باشد. وجود یا عدم وجود پالس در سازه‌های بلند بیشتر خود را نشان می‌دهد



شکل ۶-۹: تغییرمکان بیشینه در ارتفاع در سازه ۳ طبقه شکل ۶-۱۰: تغییرمکان بیشینه در ارتفاع در سازه ۷ طبقه



شکل ۶-۱۱: تغییرمکان بیشینه در ارتفاع در سازه ۱۵

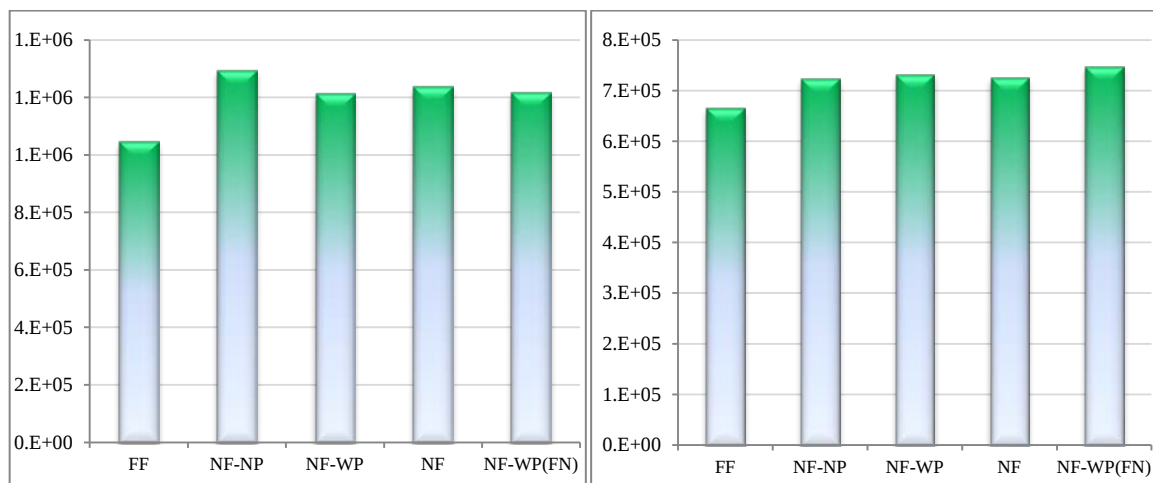
طبقه

۶-۴-۳- بررسی برش پایه

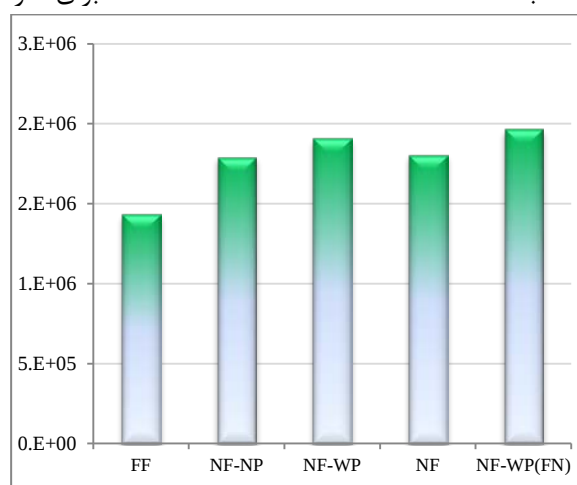
آیین‌نامه‌های بررسی شده در فصل چهارم، مانند آیین‌نامه UBC97 ضرایبی را برای لحاظ اثر حوزه نزدیک استفاده کرده‌اند. در این قسمت به بررسی برش پایه در هر سه سازه موجود و برای رکوردهای منتخب می‌پردازیم. با توجه به شکل ۶-۱۲ که مربوط به سازه ۳ طبقه می‌باشد، برش پایه در سازه‌ها تحت تاثیر وجود یا عدم وجود پالس نمی‌باشد و مقادیر برش پایه در تمامی رکوردهای حوزه نزدیک

تقریباً یکسان می‌باشد. شکل ۶-۱۳ سازه ۷ طبقه را تحت دسته‌های مختلف رکورد نشان می‌دهد که

مقادیر برش پایه در



شکل ۶-۱۲: میان‌برش پایه در دسته‌های مختلف رکورد
شکل ۶-۱۳: میان‌برش پایه در دسته‌های مختلف رکورد
برای سازه ۳ طبقه
برای سازه ۷ طبقه



شکل ۶-۱۴: میان‌برش پایه در دسته‌های مختلف رکورد برای سازه ۱۵ طبقه

تمامی رکوردهای حوزه نزدیک به یکدیگر شبیه می‌باشد. این اتفاق همان‌طور که در شکل ۶-۱۴ نشان داده شده است برای سازه‌های ۱۵ طبقه نیز صادق است. به منظور بررسی ضرایب اعمال شده در تحلیل غیرخطی، نسبت برش پایه هر دسته رکورد را به برش پایه دسته رکوردهای دور از گسل در جدول ۶-۶ تا جدول ۸-۶ نشان داده شده است. ضرایب بدست آمده در این جداول از ضرایب پیشنهادی آیین‌نامه‌های مختلف کمتر است.

جدول ۶-۶: نسبت برش پایه در همه دسته رکوردها به رکوردهای حوزه دور در سازه ۳ طبقه

FF	NF-NP	NF-WP	NF	NF-WP(FN)
1.000	1.089	1.104	1.092	1.126

جدول ۶-۷: نسبت برش پایه در همه دسته رکوردها به رکوردهای حوزه دور در سازه ۷ طبقه

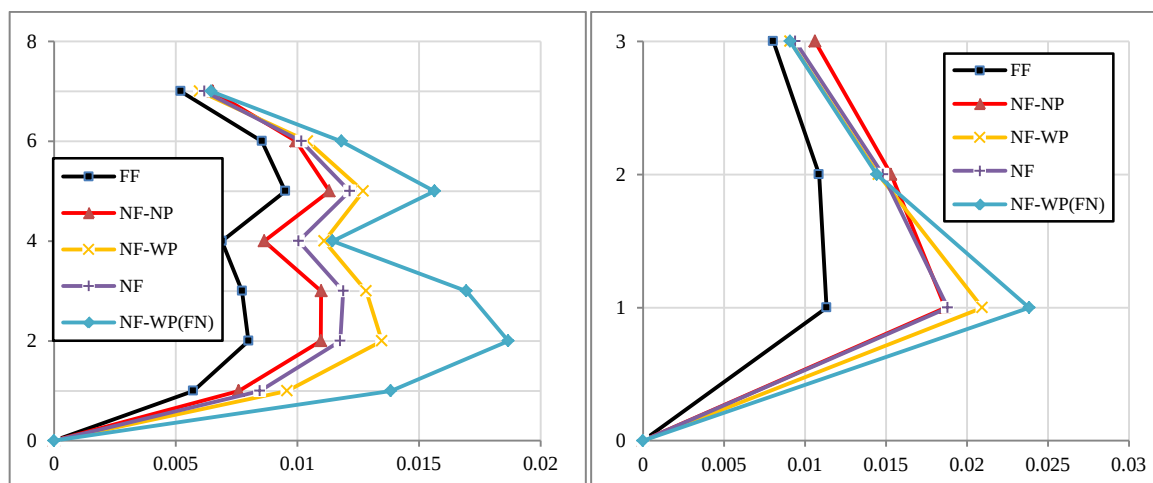
FF	NF-NP	NF-WP	NF	NF-WP(FN)
1.000	1.236	1.161	1.184	1.163

جدول ۶-۸: نسبت برش پایه در همه دسته رکوردها به رکوردهای حوزه دور در سازه ۱۵ طبقه

FF	NF-NP	NF-WP	NF	NF-WP(FN)
1.000	1.249	1.330	1.258	1.369

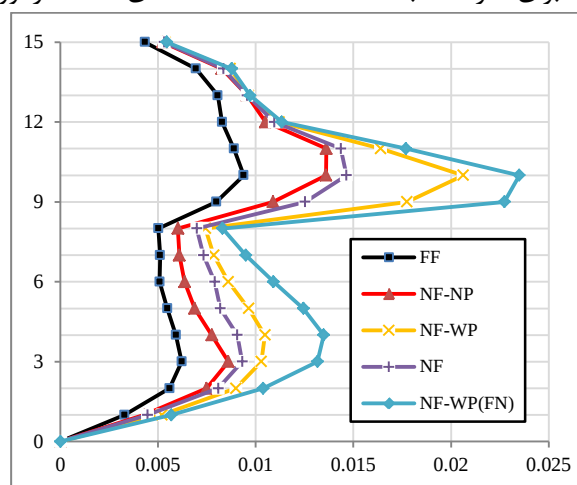
۶-۴-۴- بررسی تغییر مکان نسبی در طبقات

یکی از شاخص‌های مهم لرزه‌ای تغییر مکان نسبی طبقات یا دررفت می‌باشد که در اکثر آیین‌نامه‌ها به مقدار مشخصی به منظور کاهش خرابی محدود شده است. در ادامه به بررسی نیاز تغییر مکان نسبی در طبقات در اثر رکوردهای حوزه دور و نزدیک می‌پردازیم. همانطور که در شکل ۶-۱۵ مشاهده می‌شود دررفت دسته مولفه نرمال رکوردهای حوزه نزدیک با وجود پالس در طبقه اول سازه ۳ طبقه، بیشترین مقدار را داراست. در شکل ۶-۱۶ دررفت مربوط به سازه ۷ طبقه نشان داده شده است که بر این اساس ماکزیمم دررفت در طبقات پایینی رخ می‌دهد. حد بالای دررفت مربوط به دسته مولفه نرمال رکوردهای حوزه نزدیک با وجود پالس می‌باشد. شکل ۶-۱۷ دررفت مربوط به سازه ۱۵ طبقه را نمایش می‌دهد که بر این اساس دررفت در طبقات میانی جایی که تغییر مقطع وجود دارد بیشتر نمود پیدا می‌کند. حد بالای دررفت مربوط به دسته مولفه نرمال رکوردهای حوزه نزدیک با وجود پالس می‌باشد. در تمامی سازه‌ها حد پایین دررفت مربوط به دسته رکوردهای حوزه دور می‌باشد.



شکل ۶-۱۶: میانه تغییرمکان نسبی در طبقات برای دسته‌های مختلف رکورد برای سازه ۷ طبقه

شکل ۶-۱۵: میانه تغییرمکان نسبی در طبقات برای دسته‌های مختلف رکورد برای سازه ۳ طبقه

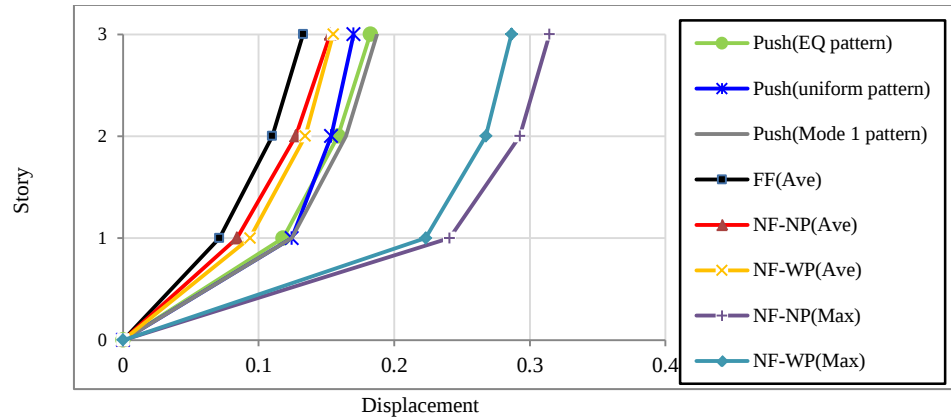


شکل ۶-۱۷: میانه تغییرمکان نسبی در طبقات برای دسته‌های مختلف رکورد برای سازه ۱۵ طبقه

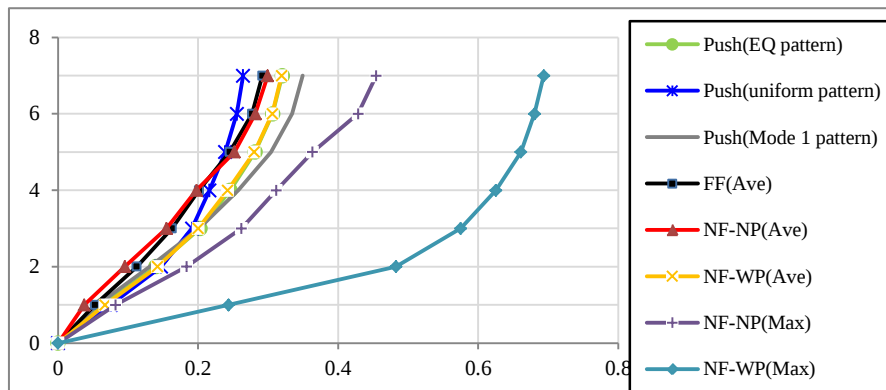
۵-۶- رفتار سازه‌ها تحت رکوردهای مقیاس شده

برای مقیاس کردن رکوردها از روش FEMA-P695 استفاده شده است [۴۰]. با توجه به تغییرات کم در برش پایه برای رکوردهای واقعی در این بخش برای رکوردهای مقیاس شده به بررسی تغییر مکان ماکزیمم در ارتفاع و دررفت سازه تحت سه دسته رکورد حوزه دور، حوزه نزدیک با پالس، حوزه دور بدون پالس می‌پردازیم. به منظور اطمینان از نتایج از سه الگوی آنالیز پوش‌اور برای مقایسه نتایج استفاده می‌شود. سه الگوی آنالیز پوش‌اور عبارتند از: الگوی بار جانبی بر اساس توزیع استاتیکی (مثلی وارونه)، توزیع یکنواخت و توزیع بر اساس مود اصلی سازه. شکل ۶-۱۸ تا شکل ۶-۲۰ تغییر

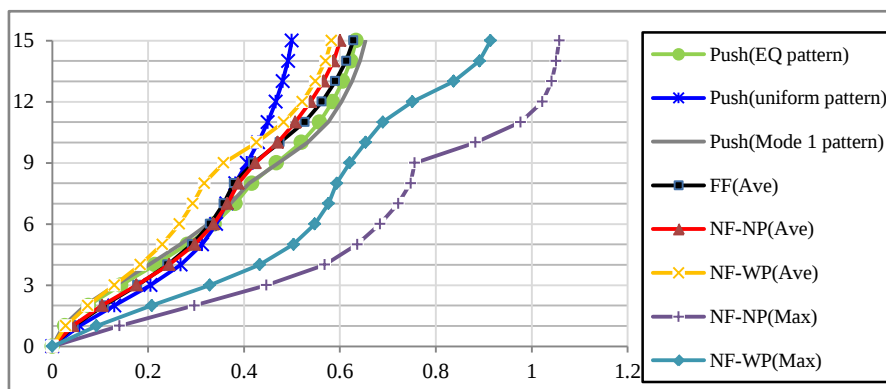
مکان ماکزیمم در طبقات را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است مقیاس کردن باعث نزدیک شدن و از بین رفتن خصوصیات حوزه نزدیک شده است. همچنین با توجه به این اشکال می‌توان دریافت آنالیز پوش‌اور توانایی تخمین تغییرمکان ماکزیمم را در رکوردهای حوزه نزدیک ندارد.



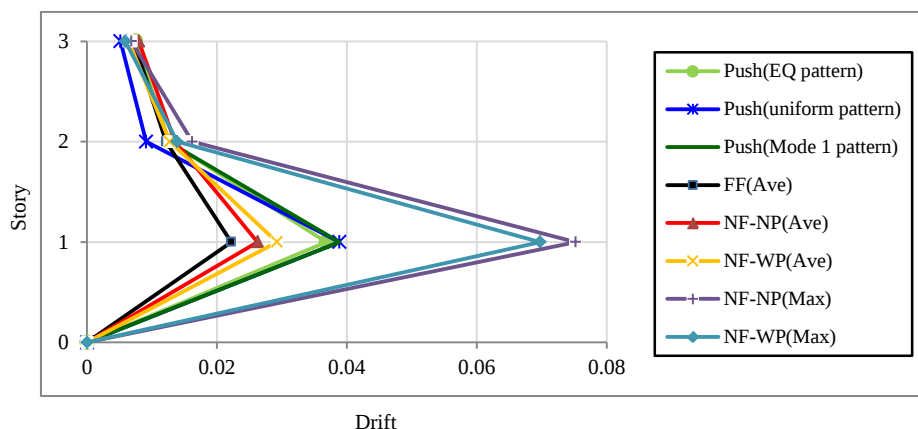
شکل ۶-۱۸: تغییرمکان بیشینه طبقات ناشی از آنالیز دینامیکی غیرخطی و آنالیز پوش‌اور برای سازه ۳ طبقه



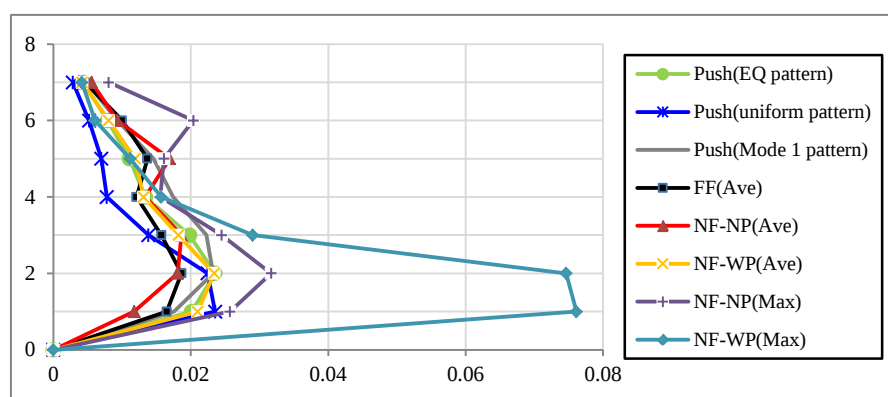
شکل ۶-۱۹: تغییرمکان بیشینه طبقات ناشی از آنالیز دینامیکی غیرخطی و آنالیز پوش‌اور برای سازه ۷ طبقه



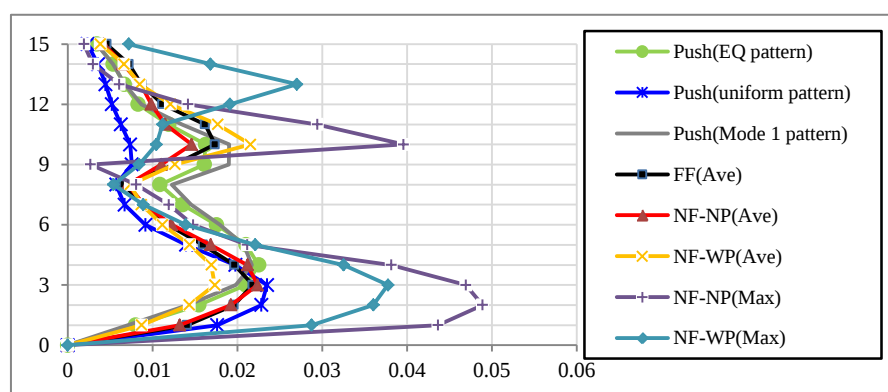
شکل ۶-۲۰: تغییرمکان بیشینه طبقات ناشی از آنالیز دینامیکی غیرخطی و آنالیز پوش‌اور برای سازه ۱۵ طبقه



شکل ۶-۲۱: تغییر مکان نسبی طبقات ناشی از آنالیز دینامیکی غیرخطی و آنالیز پوش‌اور برای سازه ۳ طبقه



شکل ۶-۲۲: تغییر مکان نسبی طبقات ناشی از آنالیز دینامیکی غیرخطی و آنالیز پوش‌اور برای سازه ۷ طبقه



شکل ۶-۲۳: تغییر مکان نسبی طبقات ناشی از آنالیز دینامیکی غیرخطی و آنالیز پوش‌اور برای سازه ۱۵ طبقه

این شرایط برای دریافت طبقات نیز صادق است. همانطور که در شکل ۶-۲۱ تا شکل ۶-۲۳ تغییر مکان نسبی طبقات نشان داده شده است مقیاس کردن رکوردها باعث شبیه به هم شدن جوابهای حوزه دور و حوزه نزدیک می‌شود.

نتایج و پیشنهادات

۷-۱- نتایج گرفته شده در این تحقیق

با توجه به بررسی نتایج در انتهای هر بخش در این فصل تنها به بیان نتایج گرفته شده اکتفا می‌شود.

۱. با توجه به بررسی نقشه گسل‌های فعال در ایران شهرهای مهمی همچون تهران، تبریز و گرگان و کرمان و... در نزدیکی گسل‌های بزرگی قرار گرفته‌اند که بررسی اثرات حوزه نزدیک در این شهرها به صورت جداگانه ضروری به نظر می‌رسد.

۲. با مقایسه میان طیف‌های پاسخ الاستیک همپایه شده در آیین‌نامه‌های کشورهای مختلف مشاهده می‌شود که تابع در نظر گرفته شده برای پریودهای بلند در آیین‌نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم نسبت به دیگر آیین‌نامه‌ها دست بالا می‌باشد.

۳. با مقایسه طیف‌های الاستیک کشورهای مختلف، طیف طرح آیین‌نامه UBC97 برای فواصل کمتر از ۲ کیلومتر دارای بیشترین مقدار می‌باشد.

۴. در تمامی آیین‌نامه‌ها ضرایب حوزه نزدیک تابعی از فاصله می‌باشند. با کم شدن فاصله ضرایب نیز کاهش می‌یابند. فاصله در نظر گرفته شده برای اثر حوزه نزدیک در آیین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای ۱۰ تا ۲۰ کیلومتر می‌باشد.

۵. در تمامی آیین‌نامه مورد بررسی ضرایب حوزه نزدیک در پریودهای بلندتر دارای مقادیر بیشتری نسبت به پریودهای کوتاه می‌باشند.

۶. پیشنهادهای داده شده در زیر به منظور اصلاح و لحاظ اثر حوزه نزدیک برای طیف طرح معمول آیین‌نامه‌ها که بر اساس رکوردهای حوزه دور می‌باشند عبارتند از:

❖ ابتدای طیف باید در ضریب افزایشدهنده F_{PGA} ضرب شده که باعث افزایش ابتدای طیف طرح

با لحاظ اثر حوزه نزدیک خواهد شد. این ضریب در کل ناحیه شتاب حساس ضرب

خواهد شد.

❖ نقطه T_s که فصل مشترک ناحیه شتاب حساس و سرعت حساس می‌باشد باید در ضریب افزایشی F_{Ts} ضرب شده که باعث افزایش ناحیه شتاب حساس و ناحیه سرعت حساس خواهد شد.

❖ نقطه شبه شتاب متناظر با T_s باید در ضریب افزایشی F_{PGV} ضرب شده که باعث افزایش طیف در این نقطه می‌شود. این ضریب در کل ناحیه سرعت حساس ضرب خواهد شد.

❖ مشخص کردن نقطه فصل مشترک ناحیه سرعت حساس و جابجایی حساس در طیف طرح با نام T_d

❖ اعمال ضریب کاهشی تحت عنوان F_{Td} در طیف طرح که باعث کوچکتر شدن ناحیه سرعت حساس و بزرگتر شدن ناحیه جابجایی حساس می‌شود.

❖ نقطه شبه شتاب متناظر با F_{Td} باید در ضریب افزایشی F_{PGD} ضرب شده که باعث افزایش طیف در این نقطه خواهد شد. این ضریب در کل ناحیه جابجایی حساس ضرب خواهد شد.

❖ ضرایب اعمالی در پریردهای بلند دارای مقادیر بیشتری می‌باشد

❖ بیشترین ضریب مربوط به دسته رکورد مولفه نرمال حوزه نزدیک با وجود پالس می‌باشد.

❖ ضرایب در نظر گرفته شده دارای مقادیر ۱ تا ۲/۵ می‌باشند که با ضرایب UBC97 تطابق خوبی دارد.

۷. مقایسه طیف پاسخ خطی رکوردهای انتخاب شده در این تحقیق نشان می‌دهد که رکوردهای حوزه نزدیک بدون پالس در سازه‌های خیلی کوتاه و رکوردهای حوزه نزدیک با وجود پالس در سازه‌های متوسط و بلند دارای مقادیر بیشتری می‌باشند.

۸. مولفه نرمال اغلب رکوردهای حوزه نزدیک تغییر مکان و نیروی بیشتری را نسبت به مولفه موازی به سازه وارد می‌کند. در حالیکه دو مولفه افقی رکوردهای حوزه دور به یکدیگر شبیه هستند.

۹. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که با توجه به مشخصات ویژه رکوردهای حوزه نزدیک، سازه‌ها رفتار متفاوتی را تحت اثر این رکوردها از خود نشان می‌دهند. هر چند نتایج عددی بدست آمده در این تحقیق کاملاً به مشخصات قابهای طراحی و رکوردها و سایر عوامل ساختگاهی سایت بستگی دارد ولی با این وجود بطور کل می‌توان این نتیجه را که سازه‌ها تحت اثر این رکوردها رفتار متفاوتی دارند را قبول نمود.

۱۰. مقادیر برش پایه و تغییرمکان ماکزیمم حاصل از تحلیل دینامیکی غیرخطی تاریخچه زمانی برای رکوردهای حوزه نزدیک بیشتر از رکوردهای دور از گسل می‌باشد. لذا به نظر می‌رسد اگر این قاب‌ها را تحلیل استاتیکی معادل نمود باید در آن صورت برای حالت نزدیک گسل برش پایه و تغییرمکان بیشتری در نظر گرفت.

۱۱. تغییرمکان ماکزیمم و دررفت و برش پایه در مولفه نرمال رکوردهای حوزه نزدیک با وجود پالس در مقایسه با دیگر دسته‌های رکورد از شدت و مقدار بیشتری برخوردار است. مهمترین دلیل آن وجود پالس و داشتن شدت بیشتر در سرعت و شتاب و تغییرمکان زمین در اینگونه رکوردها می‌باشد.

۱۲. مقیاس کردن رکوردهای حوزه نزدیک باعث از بین رفتن خصوصیات این رکوردها و نزدیکی میان این دسته رکوردها و رکوردهای حوزه دور می‌شود. نتایج تغییرمکان ماکزیمم نشان می‌دهد در صورت مقیاس کردن تفاوت چندانی میان رکوردهای حوزه دور و رکوردهای حوزه نزدیک با وجود پالس و بدون وجود پالس وجود ندارد.

۷-۲- پیشنهادهایی برای ادامه کار

در این پایان‌نامه علی‌رغم تلاش زیاد، به سبب وجود محدودیتهای مختلفی شامل زمان، منابع و ... امکان بررسی همه جانبه زلزله‌های نزدیک گسل و پاسخ آنها بر سازه‌های یکدرجه آزادی وجود نداشته

است بنابراین برای یافتن نتایج عمومی تر و دقیق تر نیاز به مطالعات بیشتر به خوبی احساس می‌شود. مواردی که در آینده می‌تواند به عنوان موضوع تحقیق‌های دیگر در این زمینه قرار گیرد عبارتند از:

۱. استخراج رکوردهای حوزه نزدیک از پایگاه داده رکوردهای ایران و تعیین پارامترهای مهم برای استفاده در پایان‌نامه‌ها و مقالات
۲. نحوه استفاده از رکوردهای نزدیک گسل در تحلیل خطر و مقیاس نمودن آنها به صورتی که از خصوصیات اولیه خود فاصله چندانی نگیرد موضوع بسیار جالبی است که می‌تواند مورد توجه علاقمندان در زمینه خصوصیات رکوردهای حوزه نزدیک قرار بگیرد.
۳. مدلسازی دقیقتر سازه مثل رفتار اتصالات بر روی سازه و بررسی اثرات حوزه نزدیک بر روی آنها
۴. بررسی و تحلیل حساسیت ارتفاع و تعداد دهانه قاب بر روی پاسخ سیستم‌های چند درجه آزادی تحت رکوردهای حوزه نزدیک
۵. در صورت وجود روش مناسب برای مقیاس کردن، بررسی کفایت یا عدم کفایت ضوابط طراحی موجود در زلزله‌های حوزه نزدیک
۶. استخراج پالس از رکورد مجموع و تهیه رکورد زمینه و تهیه طیف طرح برای پالس موجود در رکورد به صورت جداگانه
۷. محاسبه مقادیر ضرایب حوزه نزدیک بر اساس روابط میرایی متناسب با زلزله‌های حوزه نزدیک

پیوست ۱

رکوردهای منتخب در این تحقیق

۸-۱- پیشگفتار

شاید مهمترین محدودیت در مطالعه اثرات حوزه نزدیک تعداد کم رکوردهای ثبت شده در این مناطق باشد. در حالیکه لرزه نگاری و تجهیزات ثبت زلزله، سال‌های زیادی است که موجود می‌باشد اما ثبت رکوردهای قوی در چند دهه اخیر گسترش یافته است و با توجه به هزینه بالای لوازم ثبت لرزه نگاری و نگهداری آن‌ها و همچنین عدم توانایی پیش بینی زلزله تاکنون به منظور ثبت هر چه بیشتر رکوردهای نزدیک گسل نیاز به یک شبکه لرزه نگاری وسیع و مجهز بوده که این امر در دو دهه اخیر ممکن شده است. بیشترین رکوردهای ثبت شده زلزله در نزدیکی گسل معمولاً از زلزله نورث ریج آمریکا در سال ۱۹۹۴ و کوبه ژاپن در سال ۱۹۹۵ به بعد آغاز شده که با توجه به این امر تعداد رکوردهای حوزه نزدیک محدود می‌باشد. البته زلزله‌های ترکیه (کوکالی-اگوست ۱۹۹۹) و تایوان (چی-چی-سپتامبر ۱۹۹۹) تعداد این رکوردها را افزایش دادند. در این تحقیق به منظور مطالعه اثرات حوزه ثبت رکورد از رکوردهای ثبت شده در آیین‌نامه FEMA-P695 استفاده شده است. در این آیین‌نامه از ۲۲ رکورد حوزه دور و ۲۸ رکورد حوزه نزدیک که به دو دسته با وجود پالس و بدون وجود پالس تقسیم‌بندی شده‌اند استفاده شده است. این پیوست به طور کلی به تشریح رکوردها و چگونگی انتخاب رکوردهای استفاده شده در این تحقیق می‌پردازد. در این بخش با توجه به بررسی و مقایسه پاسخ‌ها در حوزه ثبت رکورد در فصول این تحقیق به معرفی سه دسته رکورد حوزه دور، حوزه نزدیک با وجود پالس و حوزه نزدیک بدون وجود پالس و چگونگی مقیاس کردن رکوردها و مقایسه میان رکوردها می‌پردازیم.

۸-۲- ضوابط انتخاب رکورد

در این بخش ضوابط مربوط به انتخاب رکورد، به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر را تشریح می‌کنیم. عوامل تاثیرگذار در این انتخاب به صورت خلاصه در زیر توضیح داده شده است.

۱) بزرگی منبع لرزه‌زا:

زلزله‌های با بزرگی زیاد به علت طولانی بودن زمان زمین‌لرزه و انرژی بسیار زیاد آزاد شده دارای بیشترین احتمال خرابی در ساختمان‌ها می‌باشند. زمین‌لرزه‌های با بزرگی کوچک ($M_w < 6.5$) هر چند باعث آسیب زدن به ساختمان‌ها (معمولاً اجزای غیرسازه‌ای) می‌شوند اما به ندرت باعث خرابی ساختمان‌های جدید می‌شوند. زمین‌لرزه‌هایی با بزرگی کم هر چند ممکن است زلزله ای قوی تولید کنند اما مدت این زمین‌لرزه‌ها و ناحیه تاثیرگذاریشان کوچک می‌باشد. بر خلاف این زمین‌لرزه‌ها، زمین‌لرزه‌هایی با بزرگی بالا ($M_w > 6.5$)، زلزله‌هایی با مدت طولانی و در یک ناحیه بسیار بزرگ تولید کرده که تاثیر زیادی بر ساختمان‌ها و جمعیت ساکن خواهد گذاشت.

۲) نوع منبع لرزه‌زا:

رکوردهای انتخاب شده شامل زمین‌لرزه‌هایی از زلزله‌هایی با مکانیزم امتدادلغز و یا معکوس می‌باشند. اکثر رکوردهای واقع شده در زلزله‌های سطحی در کالیفرنیا و دیگر مناطق غربی ایالات متحده از این نوع می‌باشند. تعداد کمی از زلزله‌های قوی با دیگر مکانیزم‌های گسلش در دسترس می‌باشد.

۳) شرایط ساختگاه:

رکوردهای منتخب شامل زمین‌لرزه‌هاییست که در زمین سنگی نرم (ردیف C در دسته‌بندی NEHRP) و در زمین‌های خاکی (ردیف D در دسته‌بندی NEHRP) قرار گرفته اند. رکوردهایی که در خاک خیلی نرم و یا در معرض روانی قرار گرفته اند از نتایج این رکوردها کنار گذاشته شده‌اند. البته تعداد کمی از رکوردها از نوع سنگی (ردیف B در دسته‌بندی NEHRP) نیز می‌باشند. جدول پ ۱-۱ دسته‌بندی خاک‌ها در NEHRP را بر اساس موج برشی و نوع زمین نشان می‌دهد.

جدول پ ۱- ۱: دسته‌بندی خاک بر اساس NEHRP

Site Class	Site Profile Name	V_s
A	Hard Rock	$V_s > 1524$
B	Rock	$768 < V_s < 1524$
C	Soft Rock & very dense Soil	$366 < V_s < 762$
D	Stiff Soil	$183 < V_s < 366$
E	Soft Soil	$V_s > 183$

۴) فاصله منبع لرزه‌زا:

فاصله 10 km از منبع لرزه‌زا را به صورت دلخواه مرز بین حوزه نزدیک و حوزه دور در نظر گرفته شده است، که البته با دیگر آیین‌نامه‌های جهان که در فصل قبل توضیح داده شد متناسب است. روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری فاصله در دسترس می‌باشد. در این پروژه برای فاصله منبع لرزه‌زا تا سایت از میانگین فاصله گسل اندازه‌گیری شده توسط کمپل^{۵۴} و جونیور-بور^{۵۵} که در سایت پییر فراهم شده است، استفاده می‌شود.

۵) تعداد رکوردهای زلزله در هر رخداد:

ابزار ثبت زمین‌لرزه‌های قوی معمولاً در تمام نواحی مختلف لرزه‌ای فعال توزیع نشده‌اند. به علت وجود دستگاه‌های ثبت در یک مکان در زلزله و تولید معمولاً کم رکورد زلزله ما در تعداد رکوردهای زلزله محدودیت‌های فراوانی داریم. به منظور جلوگیری از غالب شدن رفتار یک زلزله در انتخاب رکوردها، محدودیت انتخاب بیش از دو رکورد از هر زلزله را در نظر می‌گیریم. اگر رکوردهای بیشتری از یک زلزله شرایط مورد نظر را داشتند رکوردهای با بالاترین PGV را انتخاب می‌کنیم.

54 -Campbell

55 -Joyner-Boor

۶) قدرت رکورد انتخابی:

محدودیت در نظر گرفته شده برای $PGA > 0.2g$ و $PGV > 15 \text{ cm/s}$ اختیاری هستند اما معمولاً بیانگر آستانه شروع خرابی (برای سازه‌های جدید) بوده و تعدادی کافی رکورد قوی به منظور بررسی تغییرات رکورد به رکورد را نیز به ما می‌دهد.

۷) صلاحیت دستگاه‌های اندازه‌گیری زلزله‌های قوی:

بعضی از دستگاه ثبت زلزله خصوصاً مدل‌های قدیمی محدودیت‌های ذاتی در توانایی ثبت صحیح رکوردهایی با پیوند بلند دارند. اکثر رکوردها یک محتوای فرکانسی معتبر در حداقل ۸ ثانیه دارند اما تعداد کمی از رکوردها این ویژگی را ندارند و رکوردهایی که در حداقل ۴ ثانیه محتوای فرکانسی معتبری ندارند، از رکوردهایی انتخاب شده کنار گذاشته ایم. رکوردهای انتخاب شده برای بررسی خرابی سازه‌های بلند تا ۴ ثانیه معتبر می‌باشند.

۸) محل قرارگیری دستگاه‌های اندازه‌گیری زلزله:

دستگاه‌های ثبت زلزله اغلب در داخل ساختمان واقع شده تا اگر زلزله بزرگ بود تاثیر اندرکنش خاک-سازه-پی را بتوانیم ضبط کند. بنابراین باید از دستگاه‌های که در مناطق آزاد یا در زیرزمین ساختمان‌های کوچک قرار گرفته اند استفاده نمود.

۸-۳- روش مقیاس‌سازی

به منظور مقایسه و بررسی پاسخ سازه‌ها، مقیاس کردن رکوردهای حرکت زمین ضروری به نظر می‌رسد. فرآیند مقیاس‌سازی شامل دو بخش اصلی نرمال‌سازی^{۵۶} و مقیاس کردن^{۵۷} می‌باشد.

۸-۳-۱- نرمال‌سازی رکوردها

⁵⁶ - Normalization

⁵⁷ - Scaling

رکوردهای زلزله واقع در یک مجموعه بوسیله ماکزیمم سرعت زمین متناظر با آنها نرمالایز می‌شود. نرمالایز کردن با PGV یک راه حل ساده برای حذف تنوع موجود در رکوردها به علت تفاوت‌های ذاتی در بزرگی، فاصله تا منبع، نوع منبع و شرایط محل می‌باشد. در حالیکه تغییرات ذاتی تصادفی موجود در رکوردها را که برای صحت پاسخ‌ها لازم است را در رکوردها حفظ می‌کند. نرمالایز کردن رکوردها با حداکثر سرعت زمین متناظر با پایگاه داده NGA (PGV_{PEER})، که از میانگین هندسی PGV دو مولفه افقی در هر رکورد محاسبه می‌شود، انجام می‌شود. منظور از میانگین هندسی ریشه دوم حاصلضرب دو مولفه افقی پارامتر رایج مورد استفاده در مشخصات زمین‌لرزه می‌باشد. در ادامه به تعریف پارامترهای رابطه‌ی ضریب نرمالایز^{۵۸} و چگونگی نرمالایز کردن مولفه افقی رکوردها پرداخته می‌شود.

$$NM_i = \text{Median}(PGV_{PEER,i}) / PGV_{PEER,i}$$

$$NTH_{1,i} = NM_i \times TH_{1,i} \quad (۱-۸)$$

$$NTH_{2,i} = NM_i \times TH_{2,i}$$

NM_i : ضریب نرمالایز دو مولفه افق رکورد i ام

$PGV_{PEER,i}$: حداکثر زمین در پایگاه داده پییر NGA

$\text{Median}(PGV_{PEER,i})$: میانه مقادیر PGV در هر دسته رکورد

$NTH_{1,i}$: رکورد i ام نرمالایز شده، مولفه افقی ۱

$NTH_{2,i}$: رکورد i ام نرمالایز شده، مولفه افقی ۲

$TH_{1,i}$: مولفه افقی ۱، رکورد i ام

$TH_{2,i}$: مولفه افقی ۲، رکورد i ام

رکوردها و مقادیر متناظر با سرعت حداکثر زمین مستقیماً از پایگاه داده Peer NGA استخراج شده است. برای رکوردهای حوزه نزدیک از مولفه دوران شده در جهت نرمال و موازی گسل استفاده شده

در حالیکه برای رکوردهای دور از گسل از رکوردها همانطور که ثبت شده است استفاده شده است. در ضمن مولفه‌های افقی رکوردها هر دو جهت با ضریب یکسان (NM_1) نرمالایز می‌شوند.

۸-۳-۲- مقیاس کردن رکوردهای منتخب

رکوردها را می‌توان در یک سطح مشخص از زمین لرزه مقیاس کرد. نرمالایز کردن رکوردها و مقیاس کردن آن‌ها به مانند ضوابط موجود در بخش 16.1.3.2 در آیین‌نامه ASCE / SEI7-05 با این استثنا که مقادیر میانه مقیاس شده دسته رکوردها فقط کفایت در پریود طبیعی سازه که از رابطه زیر محاسبه می‌شود با طیف آیین‌نامه سازگار شود و دیگر نیازی نیست در بازه توصیه شده برای پریودها در آیین‌نامه ASCE / SEI7-05 سازگار شوند.

۸-۴- مجموعه رکوردهای حوزه دور

مجموعه رکوردهای حوزه دور شامل ۲۲ جفت رکورد (۴۴ رکورد تک) انتخاب شده از مجموعه Peer با توجه به ضوابط ذکر شده در بخش قبل می‌باشد [۴۱]. برای هر رکورد در جدول پ ۱-۲ مقادیر بزرگی، سال وقوع و نام زمین‌لرزه و پایگاه انتخاب شده به صورت خلاصه نشان داده شده است. بیست و دو رکورد انتخابی از ۱۴ زلزله رخ داده شده بین سال‌های ۱۹۷۱ تا ۱۹۹۹ گرفته شده است. از ۱۴ زلزله، ۸ زلزله مربوط به کالیفرنیا و ۶ زلزله از کشورهای دیگر انتخاب شده است. بزرگی منبع زمین‌لرزه‌ها بین $M6.5$ تا $M7.6$ با میانگین بزرگی $M7$ برای مجموعه رکوردهای دور از گسل می‌باشد.

برای هر رکورد جدول پ ۱-۳ مشخصات محل و خواص منبع و فاصله کانونی و فواصل متنوع محل تا منبع را به صورت خلاصه نمایش می‌دهد. مشخصات محل شامل سرعت موج برشی و دسته‌بندی خاک محل بر اساس NEHRP می‌باشد. در بررسی شرایط ساختگاه زمین، ۱۶ ساختگاه در خاک

سخت (نوع D) و ۶ زوج رکورد باقیمانده در خاک خیلی سخت (نوع C) دسته‌بندی شده‌اند. پانزده رکورد دارای گسلش

جدول پ ۱-۲: خلاصه‌ای از رخداد‌های زمین‌لرزه و اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های ثبت زلزله برای زلزله‌های حوزه دور

ID No.	Earthquake			Recording Station	
	M	Year	Name	Name	Owner
1	6.7	1994	Northridge	Beverly Hills- Mulhol	USC
2	6.7	1994	Northridge	Canyon Country-WLC	USC
3	7.1	1999	Duzce, Turkey	Bolu	ERD
4	7.1	1999	Hector Mine	Hector	SCSN
5	6.5	1979	Imperial Valley	Delta	UNAMUCSD
6	6.5	1979	Imperial Valley	El Centro Array #11	USGS
7	6.9	1995	Kobe, Japan	Nishi-Akashi	CUE
8	6.9	1995	Kobe, Japan	Shin-Osaka	CUE
9	7.5	1999	Kocaeli, Turkey	Duzce	ERD
10	7.5	1999	Kocaeli, Turkey	Arcelik	KOERI
11	7.3	1992	Landers	Yermo Fire Station	CDMG
12	7.3	1992	Landers	Coolwater	SCE
13	6.9	1989	Loma Prieta	Capitola	CDMG
14	6.9	1989	Loma Prieta	Gilroy Array #3	CDMG
15	7.4	1990	Manjil, Iran	Abbar	BHRC
16	6.5	1987	Superstition Hills	El Centro Imp. Co.	CDMG
17	6.5	1987	Superstition Hills	Poe Road (temp)	USGS
18	7	1992	Cape Mendocino	Rio Dell Overpass	CDMG
19	7.6	1999	Chi-Chi, Taiwan	CHY101	CWB
20	7.6	1999	Chi-Chi, Taiwan	TCU045	CWB
21	6.6	1971	San Fernando	LA- Hollywood Stor	CDMG
22	6.5	1976	Friuli, Italy	Tolmezzo	--

امتداد لغز و هفت رکورد باقیمانده از نوع شیب‌لغز می‌باشند. فاصله محل تا منبع بر اساس نزدیکترین

فاصله گسیختگی گسل، کمپل و فاصله افقی تا سطح گسیختگی توسط جونیور-بور گرفته شده است.

بر مبنای متوسط فاصله گسل کمپل و جونیور-بور، حداقل فاصله محل تا منبع برابر 11.1km و

حداکثر فاصله منبع تا محل برابر 26.4 km و میانگین فواصل برابر 16.4 km برای مجموعه رکوردهای حوزه دور محاسبه می‌شود.

جدول پ ۱-۳: خلاصه ای از نوع منبع و شرایط ساختگاه و فواصل منبع برای رکوردهای حوزه دور

ID No.	Site Data		Source (Fault type)	Site-Source Distance (km)			
	NEHRP Class	V-30 (m/sec)		Epicentral	Closest to Plane	Campbell	Joyner-Boore
1	D	356	Thrust	13.3	17.2	17.2	9.4
2	D	309	Thrust	26.5	12.4	12.4	11.4
3	D	326	Strike-slip	41.3	12	12.4	12
4	C	685	Strike-slip	26.5	11.7	12	10.4
5	D	275	Strike-slip	33.7	22	22.5	22
6	D	196	Strike-slip	29.4	12.5	13.5	12.5
7	C	609	Strike-slip	8.7	7.1	25.2	7.1
8	D	256	Strike-slip	46	19.2	28.5	19.1
9	D	276	Strike-slip	98.2	15.4	15.4	13.6
10	C	523	Strike-slip	53.7	13.5	13.5	10.6
11	D	354	Strike-slip	86	23.6	23.8	23.6
12	D	271	Strike-slip	82.1	19.7	20	19.7
13	D	289	Strike-slip	9.8	15.2	35.5	8.7
14	D	350	Strike-slip	31.4	12.8	12.8	12.2
15	C	724	Strike-slip	40.4	12.6	13	12.6
16	D	192	Strike-slip	35.8	18.2	18.5	18.2
17	D	208	Strike-slip	11.2	11.2	11.7	11.2
18	D	312	Thrust	22.7	14.3	14.3	7.9
19	D	259	Thrust	32	10	15.5	10
20	C	705	Thrust	77.5	26	26.8	26
21	D	316	Thrust	39.5	22.8	25.9	22.8
22	C	425	Thrust	20.2	15.8	15.8	15

برای هر رکورد جدول پ ۱-۴ پارامترهای کلیدی گرفته شده از سایت پییر را به صورت خلاصه نشان می‌دهد. اطلاعات رکوردها شامل نام مولفه افقی، کمترین فرکانس، مقادیر بیشینه سرعت و شتاب زمین برای رکورد در جدول قرار داده شده است. منظور از مقادیر بیشینه، بیشترین مقدار بین دو مولفه افقی هر رکورد است. ماکزیمم شتاب زمین بین مقادیر 0.21g تا 0.81g متغیر و متوسط آنها 0.43g می‌باشد. در حالیکه ماکزیمم سرعت زمین بین مقادیر 19cm/s تا 115cm/s و متوسط کل سرعت رکوردهای انتخابی 46cm/s می‌باشد.

جدول پ ۱-۴: خلاصه‌ای از اطلاعات و پارامترهای ثبت شده از زمین‌لرزه‌ها در پایگاه داده پییر برای رکوردهای حوزه

دور

ID No.	PEER-NGA Record Information				Recorded Motions	
	Record Seq. No.	Lowest Freq (Hz.)	Files Names – Horizontal Records		PGA _{max} (g)	PGV _{max} (cm/s)
			Component 1	Component 1		
1	953	0.25	NORTHR/MUL009	NORTHR/MUL279	0.52	63
2	960	0.13	NORTHR/LOS000	NORTHR/LOS270	0.48	45
3	1602	0.06	DUZCE/BOL000	DUZCE/BOL090	0.82	62
4	1787	0.04	HECTOR/HEC000	HECTOR/HEC090	0.34	42
5	169	0.06	IMPVALL/H-DLT262	IMPVALL/H-DLT352	0.35	33
6	174	0.25	IMPVALL/H-E11140	IMPVALL/H-E11230	0.38	42
7	1111	0.13	KOBE/NIS000	KOBE/NIS090	0.51	37
8	1116	0.13	KOBE/SHI000	KOBE/SHI090	0.24	38
9	1158	0.24	KOCAELI/DZC180	KOCAELI/DZC270	0.36	59
10	1148	0.09	KOCAELI/ARC000	KOCAELI/ARC090	0.22	40
11	900	0.07	LANDERS/YER270	LANDERS/YER360	0.24	52
12	848	0.13	LANDERS/CLW-LN	LANDERS/CLW-TR	0.42	42
13	752	0.13	LOMAP/CAP000	LOMAP/CAP090	0.53	35
14	767	0.13	LOMAP/G03000	LOMAP/G03090	0.56	45
15	1633	0.13	MANJIL/ABBAR--L	MANJIL/ABBAR--T	0.51	54
16	721	0.13	SUPERST/B-ICC000	SUPERST/B-ICC090	0.36	46
17	725	0.25	SUPERST/B-POE270	SUPERST/B-POE360	0.45	36
18	829	0.07	CAPEMEND/RIO270	CAPEMEND/RIO360	0.55	44

19	1244	0.05	CHICHI/CHY101-E	CHICHI/CHY101-N	0.44	115
20	1485	0.05	CHICHI/TCU045-E	CHICHI/TCU045-N	0.51	39
21	68	0.25	SFERN/PEL090	SFERN/PEL180	0.21	19
22	125	0.13	FRIULI/A-TMZ000	FRIULI/A-TMZ270	0.35	31

برای هر رکورد جدول پ ۱-۵ خلاصه ای از مقادیر PGV برای هر دو مولفه افقی، محاسبه PGV_{PEER} ضرایب نرمالایز NM_i ، و مقادیر نرمالایز شده بیشینه سرعت و شتاب زمین توسط ضرایب نرمالایز می‌باشد. ضرایب نرمالایز بین مقادیر 0.42 تا 2.27 متغییر هستند. بعد از نرمال سازی مقادیر بیشینه شتاب زمین

جدول پ ۱-۵: خلاصه ای از ضرایب استفاده شده برای نرمالایز کردن زمین لرزه ها و پارامترهای نرمالایز شده ی رکوردها

در حوزه دور

ID No.	As-Recorded Parameters			Normaliza- tion Factor	Normalized Motions	
	PGV (cm/s)		PGVPEER (cm/s)		PGA _{max} (g)	PGV _{max} (cm/s)
	Comp. 2	Comp. 1				
1	58.95	62.77	60.83	0.62	0.32	39
2	42.97	44.91	43.93	0.86	0.42	39
3	56.44	62.10	59.20	0.64	0.53	40
4	28.56	41.74	34.53	1.10	0.37	46
5	26.00	33.00	29.29	1.30	0.46	43
6	34.44	42.14	38.10	1.00	0.38	42
7	37.29	36.62	36.95	1.03	0.52	38
8	37.80	27.90	32.47	1.17	0.28	44
9	58.85	46.40	52.26	0.73	0.26	43
10	17.70	39.57	26.46	1.44	0.31	57
11	51.41	29.71	39.08	0.97	0.24	50
12	25.65	42.35	32.96	1.15	0.48	49
13	35.01	29.22	31.98	1.19	0.63	42
14	35.68	44.67	39.92	0.95	0.53	42
15	42.47	52.09	47.03	0.81	0.42	42
16	46.36	40.87	43.53	0.87	0.31	40

17	35.71	32.78	34.21	1.11	0.50	40
18	43.81	41.88	42.83	0.89	0.49	39
19	70.65	115.04	90.15	0.42	0.19	48
20	36.70	39.07	37.87	1.00	0.51	39
21	18.87	14.85	16.74	2.27	0.48	43
22	22.04	30.80	26.05	1.46	0.51	45

بین 0.19g تا 0.63g متغیر بوده و میانگین آن برابر 0.41g می‌باشد. همچنین مقادیر بیشینه

سرعت زمین نیز بعد از نرمال‌سازی بین 39 تا 57 متغیر بوده و میانگین آن برابر 43 می‌باشد.

جدول پ ۱-۶ نشان می‌دهد که نرمالایز کردن رکوردها باعث کاهش پراکندگی در PGV_{max} متناسب

با PGA_{max} شده، در حالیکه کاهش محسوسی در مقادیر میانگین PGV_{max} و PGA_{max} در رکوردهای

منتخب مشاهده نمی‌شود.

جدول پ ۱-۶: مقایسه مقادیر بیشینه و کمینه و میانگین، حداکثر سرعت و شتاب زمین بین مقادیر ثبت شده در

رکورد و مقادیر نرمالایز شده در حوزه دور

PGV_{max}		PGA_{max}		مقادیر پارامتر
نرمالایز شده	ثبت شده در رکورد	نرمالایز شده	ثبت شده در رکورد	
57	115	0.63	0.82	بیشینه
39	19	0.19	0.21	کمینه
1.5	6.1	3.3	3.9	نسبت بیشینه به کمینه
43	46	0.41	0.43	میانگین

۸-۵- مجموعه رکوردهای حوزه نزدیک

مجموعه رکوردهای حوزه نزدیک شامل ۲۸ جفت رکورد (۵۶ رکورد تک) انتخاب شده از مجموعه

Peer با توجه به ضوابط ذکر شده در بخش قبل، می‌باشد. برای هر رکورد در جدول پ ۱-۷ مقادیر

بزرگی، سال وقوع و نام زمین‌لرزه و پایگاه انتخاب شده به صورت خلاصه نشان داده شده است. بیست

و هشت رکورد انتخابی از ۱۴ زلزله رخ داده شده بین سال‌های ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۲ گرفته شده است. از

۱۴ زلزله، ۷ زلزله مربوط به آمریکا و ۷ زلزله از کشورهای دیگر انتخاب شده است. بزرگی منبع زمین‌لرزه‌ها بین $M6.5$ تا $M7.9$ با میانگین بزرگی $M7$ برای مجموعه رکوردهای نزدیک به گسل می‌باشد.

برای هر رکورد جدول پ ۱-۸ مشخصات محل و خواص منبع و فاصله کانونی و فواصل متنوع محل تا منبع را به صورت خلاصه نمایش می‌دهد. مشخصات محل شامل سرعت موج برشی و دسته‌بندی خاک محل بر اساس NEHRP می‌باشد. در بررسی شرایط ساختگاه زمین، ۱۱ ساختگاه در خاک سخت (نوع D) و ۱۵ زوج رکورد در خاک خیلی سخت (نوع C) و ۲ رکورد باقیمانده در ساختگاه سنگی (نوع B) دسته‌بندی شده‌اند. چهارده رکورد دارای گسلش امتداد لغز و چهارده رکورد باقیمانده از نوع شیب‌لغز می‌باشند. فاصله محل تا منبع بر اساس نزدیکترین فاصله گسیختگی گسل، کمپل و فاصله افقی تا سطح گسیختگی توسط جونیور-بور گرفته شده است. بر مبنای متوسط فاصله گسل کمپل و جونیور-بور، حداقل فاصله محل تا منبع برابر 1.7 km و حداکثر فاصله منبع تا محل برابر 8.8 km و میانگین فواصل برابر 4.2 km برای مجموعه رکوردهای حوزه نزدیک محاسبه می‌شود.

برای هر رکورد جدول پ ۱-۹ پارامترهای کلیدی گرفته شده از سایت پییر را به صورت خلاصه نشان می‌دهد. اطلاعات رکوردها شامل نام مولفه افقی، کمترین فرکانس، مقادیر بیشینه سرعت و شتاب زمین برای رکورد در جدول قرار داده شده است. منظور از مقادیر بیشینه، بیشترین مقدار بین دو مولفه افقی هر رکورد است. ماکزیمم شتاب زمین بین مقادیر 0.22 g تا 1.43 g متغیر و متوسط آنها 0.6 g می‌باشد. در حالیکه ماکزیمم سرعت زمین بین مقادیر 30 cm/s تا 167 cm/s و متوسط کل سرعت رکوردهای انتخابی 84 cm/s می‌باشد.

برای هر رکورد جدول پ ۱-۱۰ خلاصه‌ای از مقادیر PGV برای هر دو مولفه افقی، محاسبه PGV_{PEER} ضرایب نرمالایز NM_i و مقادیر نرمالایز شده بیشینه سرعت و شتاب زمین توسط ضرایب نرمالایز می‌باشد. عملیات نرمال‌سازی برای هر دسته از رکوردهای حوزه نزدیک (با پالس و بدون پالس) به صورت مجزا انجام می‌گیرد. ضرایب نرمالایز بین مقادیر 0.51 تا 2.74 متغیر هستند. بعد از

نرمال سازی مقادیر بیشینه شتاب زمین بین 0.22 g تا 1.43g متغیر بوده و میانگین آن برابر 0.84 g می باشد. همچنین مقادیر بیشینه سرعت زمین نیز بعد از نرمال سازی بین 55 تا 141 متغیر بوده و میانگین آن برابر 84 می باشد.

جدول پ ۱- ۱۱ نشان می دهد که نرمالایز کردن رکوردها باعث کاهش پراکندگی در PGV_{max} متناسب با PGA_{max} شده، در حالیکه کاهش محسوسی در مقادیر میانگین PGV_{max} و PGA_{max} در رکوردهای منتخب مشاهده نمی شود.

جدول پ ۱- ۷: خلاصه ای از رخداد های زمین لرزه و اطلاعات مربوط به ایستگاه های ثبت زلزله برای زلزله های حوزه

نزدیک

ID No.	Earthquake			Recording Station	
	M	Year	Name	Name	Owner
Pulse Records Subset					
1	6.5	1979	Imperial Valley-06	El Centro Array #6	CDMG
2	6.5	1979	Imperial Valley-06	El Centro Array #7	USGS
3	6.9	1980	Irpinia, Italy-01	Sturno	ENEL
4	6.5	1987	Superstition Hills-02	Parachute Test Site	USGS
5	6.9	1989	Loma Prieta	Saratoga - Aloha	CDMG
6	6.7	1992	Erzican, Turkey	Erzincan	--
7	7	1992	Cape Mendocino	Petrolia	CDMG
8	7.3	1992	Landers	Lucerne	SCE
9	6.7	1994	Northridge-01	Rinaldi Receiving Sta	DWP
10	6.7	1994	Northridge-01	Sylmar - Olive View	CDMG
11	7.5	1999	Kocaeli, Turkey	Izmit	ERD
12	7.6	1999	Chi-Chi, Taiwan	TCU065	CWB
13	7.6	1999	Chi-Chi, Taiwan	TCU102	CWB
14	7.1	1999	Duzce, Turkey	Duzce	ERD
No Pulse Records Subset					
15	6.8	1976	Gazli, USSR	Karakyr	`
16	6.5	1979	Imperial Valley-06	Bonds Corner	USGS
17	6.5	1979	Imperial Valley-06	Chihuahua	UNAMUCSD
18	6.8	1985	Nahanni, Canada	Site 1	--
19	6.8	1985	Nahanni, Canada	Site 2	--

20	6.9	1989	Loma Prieta	BRAN	UCSC
21	6.9	1989	Loma Prieta	Corralitos	CDMG
22	7	1992	Cape Mendocino	Cape Mendocino	CDMG
23	6.7	1994	Northridge-01	LA - Sepulveda VA	USGS/VA
24	6.7	1994	Northridge-01	Northridge- Saticoy	USC
25	7.5	1999	Kocaeli, Turkey	Yarimca	KOERI
26	7.6	1999	Chi-Chi, Taiwan	TCU067	CWB
27	7.6	1999	Chi-Chi, Taiwan	TCU084	CWB
28	7.9	2002	Denali, Alaska	TAPS Pump Sta. #10	CWB

جدول پ ۱-۸: خلاصه ای از نوع منبع و شرایط ساختگاه و فواصل منبع برای رکوردهای حوزه نزدیک

ID No.	Site Data		Source (Fault type)	Site-Source Distance (km)			
	NEHRP Class	V-30 (m/sec)		Epicentral	Closest to Plane	Campbell	Joyner-Boore
Pulse Record Subset							
1	D	203	Strike-slip	27.5	1.4	3.5	0
2	D	211	Strike-slip	27.6	0.6	3.6	0.6
3	B	1000	Normal	30.4	10.8	10.8	6.8
4	D	349	Strike-slip	16	1	3.5	1
5	C	371	Strike-slip	27.2	8.5	8.5	7.6
6	D	275	Strike-slip	9	4.4	4.4	0
7	C	713	Thrust	4.5	8.2	8.2	0
8	C	685	Strike-slip	44	2.2	3.7	2.2
9	D	282	Thrust	10.9	6.5	6.5	0
10	C	441	Thrust	16.8	5.3	5.3	1.7
11	B	811	Strike-slip	5.3	7.2	7.4	3.6
12	D	306	Thrust	26.7	0.6	6.7	0.6
13	C	714	Thrust	45.6	1.5	7.7	1.5
14	D	276	Strike-slip	1.6	6.6	6.6	0
No Pulse Record Subset							
15	C	660	Thrust	12.8	5.5	5.5	3.9
16	D	223	Strike-slip	6.2	2.7	4	0.5
17	D	275	Strike-slip	18.9	7.3	8.4	7.3
18	C	660	Thrust	6.8	9.6	9.6	2.5
19	C	660	Thrust	6.5	4.9	4.9	0
20	C	376	Strike-slip	9	10.7	10.7	3.9
21	C	462	Strike-slip	7.2	3.9	3.9	0.2
22	C	514	Thrust	10.4	7	7	0
23	C	380	Thrust	8.5	8.4	8.4	0
24	D	281	Thrust	3.4	12.1	12.1	0
25	D	297	Strike-slip	19.3	4.8	5.3	1.4
26	C	434	Thrust	28.7	0.6	6.5	0.6
27	C	553	Thrust	8.9	11.2	11.2	0
28	C	553	Strike-slip	7	8.9	8.9	0

جدول پ ۱-۹: خلاصه‌ای از اطلاعات و پارامترهای ثبت شده از زمین‌لرزه‌ها در پایگاه داده پیر برای رکوردهای حوزه

نزدیک

ID No.	PEER-NGA Record Information				Recorded Motions	
	Record Seq. No.	Lowest Freq (Hz.)	Files Names – Horizontal Records		PGA _{max} (g)	PGV _{max} (cm/s)
			Component 1	Component 1		
Pulse Record Subset						
1	181	0.13	IMPVALL/H-E06_233	IMPVALL/H-E06_323	0.44	111.9
2	182	0.13	IMPVALL/H-E07_233	IMPVALL/H-E07_323	0.46	108.9
3	292	0.16	ITALY/A-STU_223	ITALY/A-STU_313	0.31	45.5
4	723	0.15	SUPERST/B-PTS_037	SUPERST/B-PTS_127	0.42	106.8
5	802	0.13	LOMAP/STG_038	LOMAP/STG_128	0.38	55.6
6	821	0.13	ERZIKAN/ERZ_032	ERZIKAN/ERZ_122	0.49	95.5
7	828	0.07	CAPEMEND/PET_260	CAPEMEND/PET_350	0.63	82.1
8	879	0.1	LANDERS/LCN_239	LANDERS/LCN_329	0.79	140.3
9	1063	0.11	NORTHHR/RRS_032	NORTHHR/RRS_122	0.87	167.3
10	1086	0.12	NORTHHR/SYL_032	NORTHHR/SYL_122	0.73	122.8
11	1165	0.13	KOCAELI/IZT_180	KOCAELI/IZT_270	0.22	29.8
12	1503	0.08	CHICHI/TCU065_272	CHICHI/TCU065_002	0.82	127.7
13	1529	0.06	CHICHI/TCU102_278	CHICHI/TCU102_008	0.29	106.6
14	1605	0.1	DUZCE/DZC_172	DUZCE/DZC_262	0.52	79.3
No Pulse Record Subset						
15	126	0.06	GAZLI/GAZ_177	GAZLI/GAZ_267	0.71	71.2
16	160	0.13	IMPVALL/H-BCR_233	IMPVALL/H-BCR_323	0.76	44.3
17	165	0.06	IMPVALL/H-CHI_233	IMPVALL/H-CHI_323	0.28	30.5
18	495	0.06	NAHANNI/S1_070	NAHANNI/S1_160	1.18	43.9
19	496	0.13	NAHANNI/S2_070	NAHANNI/S2_160	0.45	34.7
20	741	0.13	LOMAP/BRN_038	LOMAP/BRN_128	0.64	55.9
21	753	0.25	LOMAP/CLS_038	LOMAP/CLS_128	0.51	45.5
22	825	0.07	CAPEMEND/CPM_260	CAPEMEND/CPM_350	1.43	119.5
23	1004	0.12	NORTHHR/0637_032	NORTHHR/0637_122	0.73	70.1
24	1048	0.13	NORTHHR/STC_032	NORTHHR/STC_122	0.42	53.2
25	1176	0.09	KOCAELI/YPT_180	KOCAELI/YPT_270	0.31	73
26	1504	0.04	CHICHI/TCU067_285	CHICHI/TCU067_015	0.56	91.8
27	1517	0.25	CHICHI/TCU084_271	CHICHI/TCU084_001	1.16	115.1
28	2114	0.03	DENALI/ps10_199	DENALI/ps10_289	0.33	126.4

جدول پ ۱- ۱۰: خلاصه‌ای از ضرایب استفاده شده در نرمالایز کردن زمین‌لرزه‌ها و پارامترهای نرمالایز شده‌ی رکوردها

در حوزه نزدیک

ID No.	As-Recorded Parameters			Normaliza- tion Factor	`Normalized Motions	
	PGV (cm/s)		PGVPEER (cm/s)		PGA _{max} (g)	PGV _{max} (cm/s)
	FN Comp.	FP Comp.				
Pulse record Subset						
1	111.84	64.68	85.05	0.84	0.37	93
2	108.79	44.52	69.60	1.02	0.47	111
3	41.40	45.48	43.39	1.64	0.50	74
4	106.74	49.57	72.74	0.98	0.41	104
5	55.55	43.28	49.03	1.45	0.55	81
6	95.40	45.29	65.73	1.08	0.53	103
7	81.87	60.41	70.33	1.01	0.64	83
8	142.88	36.10	71.82	0.99	0.79	141
9	167.05	62.58	102.25	0.70	0.60	116
10	122.77	54.42	81.74	0.87	0.64	107
11	22.61	29.76	25.94	2.74	0.60	82
12	127.81	80.40	101.37	0.70	0.58	90
13	106.76	77.56	91.00	0.78	0.23	83
14	62.12	79.46	70.25	1.01	0.53	80
No Pulse Record Subset						
15	93	71.06	67.93	0.80	0.57	57
16	111	43.77	44.00	1.24	0.95	55
17	74	27.00	28.65	1.91	0.54	58
18	104	36.53	40.01	1.37	1.61	60
19	81	34.64	31.00	1.76	0.79	61
20	103	38.68	46.47	1.18	0.75	66
21	83	41.62	43.48	1.26	0.65	57
22	141	118.31	82.56	0.66	0.95	78
23	116	69.98	66.51	0.82	0.60	58
24	107	47.13	50.06	1.09	0.46	58
25	82	72.91	59.27	0.92	0.29	67
26	90	47.52	66.02	0.83	0.46	76
27	83	44.21	71.29	0.77	0.89	88
28	80	121.28	107.63	0.51	0.17	62

جدول پ ۱-۱۱: مقایسه مقادیر بیشینه و کمینه و میانگین، حداکثر سرعت و شتاب زمین بین مقادیر ثبت شده در

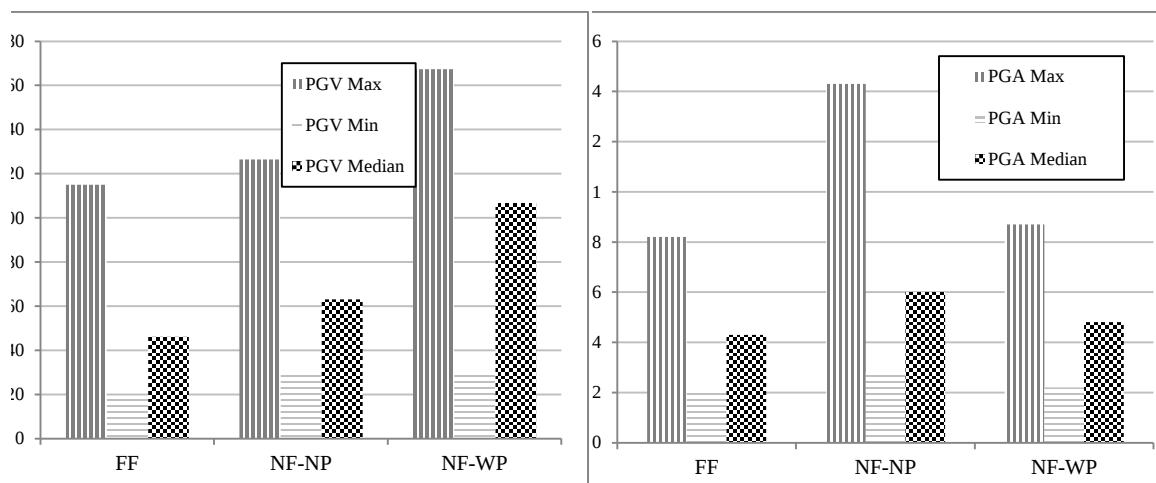
رکورد و مقادیر نرمالایز شده در حوزه نزدیک

PGV_{max}		PGA_{max}		مقادیر پارامتر
نرمالایز شده	ثبت شده در رکورد	نرمالایز شده	ثبت شده در رکورد	
141	167	1.63	1.43	بیشینه
55	30	0.17	0.22	کمینه
2.6	5.6	9.58	6.5	نسبت بیشینه به کمینه
84	84	0.6	0.60	میانگین

۸-۶- مقایسه میان رکوردهای حوزه نزدیک و حوزه دور

با توجه به ویژگی‌های ذکر شده در فصل سوم برای رکوردهای حوزه نزدیک و تفاوت‌های آن با رکوردهای حوزه دور در این بخش به مقایسه میان رکوردها می‌پردازیم. همچنین با مقایسه میان رکوردهای می‌توانیم بر روی نتایج بدست آمده در فصل بعد قضاوت بهتری را انجام دهیم.

شکل پ ۱-۱ و شکل پ ۱-۲ مقادیر بیشینه، کمینه و میانه‌ی پارامترهای زمین برای همه دسته‌های رکورد را نشان می‌دهد. همان طور که در شکل پ ۱-۱ مشاهده می‌شود بیشترین مقادیر میانه PGA مربوط به رکوردهای نزدیک گسل بدون وجود پالس می‌باشد که نشان از بالا بودن مقادیر شتاب در این دسته از رکوردها نسبت به دیگر رکوردها می‌باشد. کمترین مقادیر میانه PGA نیز مربوط به رکوردهای دور از گسل بوده که نشان از پایین بودن مقادیر شتاب نسبت به دو دسته دیگر رکوردها می‌باشد. بر طبق جدول پ ۱-۱۲ مقادیر کمینه هر سه دسته رکورد تقریباً با یکدیگر برابر است. شکل پ ۱-۲ نشان می‌دهد بیشترین مقدار PGV مربوط به رکوردهای نزدیک گسل با وجود پالس می‌باشد که این مقادیر برای سازه‌های موجود در ناحیه سرعت حساس مهم می‌باشد و ما انتظار داریم در سازه‌های بلند پاسخ سازه‌ها برای این دسته رکوردها دارای مقادیر بیشتری باشد.



شکل پ ۱-۱: مقادیر بیشینه و کمینه و میانه شتاب برای شکل پ ۱-۲: مقادیر بیشینه و کمینه و میانه سرعت

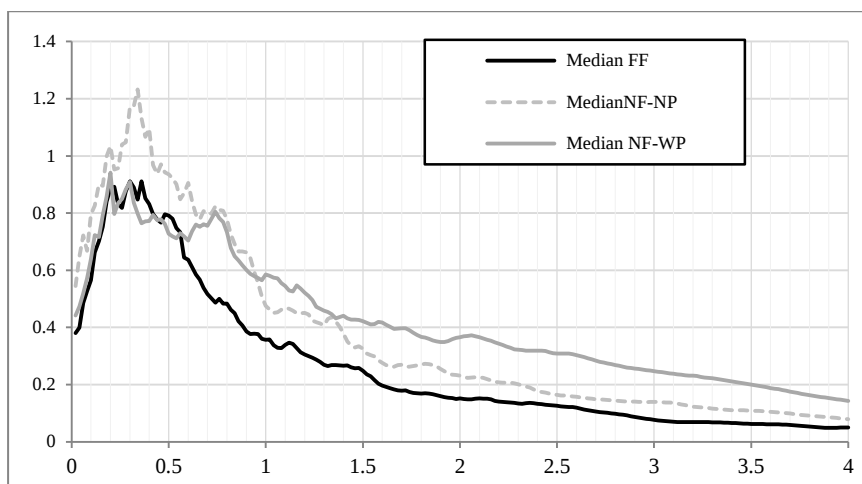
برای هر سه دسته رکورد

هر سه دسته رکورد

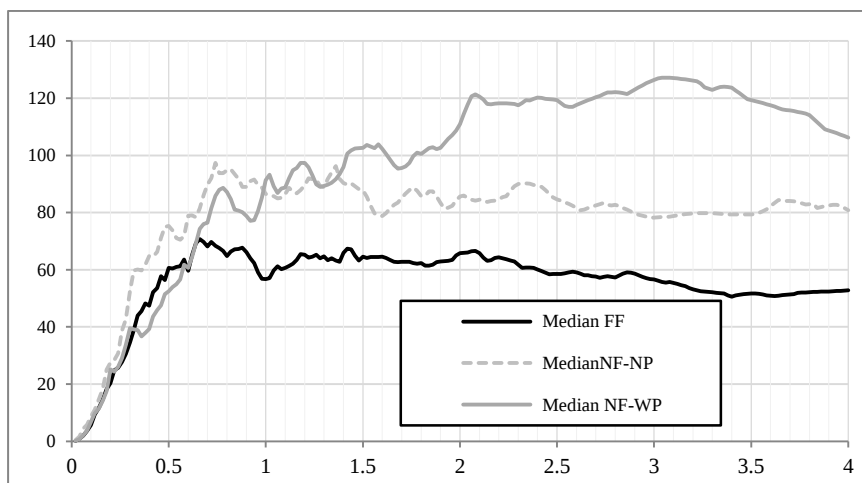
شکل پ ۱-۳ تا شکل پ ۱-۴ طیف پاسخ میانه شتاب و سرعت برای میرایی ۵٪ و برای هر دسته رکوردها نشان می‌دهد. طیف پاسخ تغییر مکان بعثت عدم استفاده از سازه‌های با پیوندهای بسیار زیاد در این تحقیق کاربردی ندارد. همان طور که در شکل پ ۱-۳ مشاهده می‌شود طیف پاسخ شتاب برای پیوندهای کوتاه ($T < 0.6(s)$) و رکوردهای حوزه نزدیک بدون پالس دارای مقادیر بیشتری نسبت به دیگر رکوردها می‌باشد. در توجیه این رفتار می‌توان گفت که با توجه به مقادیر PGA شاهد هستیم که بیشترین مقادیر میانه شتاب مربوط به رکوردهای نزدیک گسل بدون وجود پالس می‌باشد. اما در پیوندهای بلند بیشترین مقادیر پاسخ شتاب مربوط به رکوردهای حوزه نزدیک با وجود پالس می‌باشد. البته برای توجیه این رفتار می‌توانیم به مقادیر PGV مراجعه کنیم. رفتار سازه‌ها در پیوندهای بلند در طیف پاسخ سرعت در شکل پ ۱-۴ بهتر دیده می‌شود.

جدول پ ۱-۱۲: مقادیر بیشینه و کمینه و میانه پارامترهای زمین در هر سه دسته رکورد

PGV			PGA			
میانه	کمینه	بیشینه	میانه	کمینه	بیشینه	
46	19	115	0.43g	0.21g	0.82g	حوزه دور
63	30.5	126.4	0.6g	0.28g	1.43g	حوزه نزدیک بدون پالس
106.7	29.8	167.3	0.48g	0.22g	0.87g	حوزه نزدیک با پالس

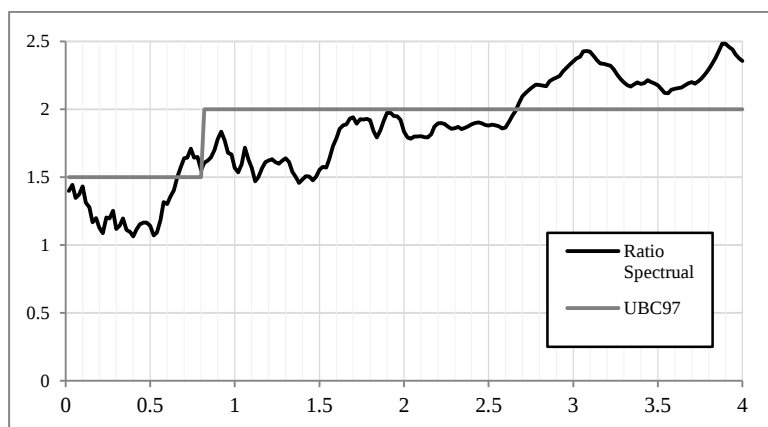


شکل پ ۱-۳: طیف میانه پاسخ شتاب برای هر سه دسته رکورد



شکل پ ۱-۴: طیف میانه پاسخ سرعت برای هر سه دسته رکورد

برای مقایسه ضریب حوزه نزدیک با ضرایب مورد استفاده در UBC97 نسبت طیف میانه پاسخ شتاب در حوزه نزدیک با طیف پاسخ در حوزه دو در نواحی مختلف طیفی مقایسه نموده و در شکل پ ۱-۵ نمایش داده‌ایم. این شکل نشان می‌دهد که ضرایب UBC97 همخوانی خوبی با ضرایب حاصل از رکوردهای انتخابی دارد.



شکل پ ۱- ۵: مقایسه ضریب حوزه نزدیک رکوردهای انتخابی و آیین نامه UBC97

منابع:

- [١] Benioff. H, (1955)"Mechanism and Strain Characteristics of the White Wolf Fault as Indicated by the Aftershock sequence , Earthquake in Kern County, California, During 1955 (G.B. Oakeshotte, ed.)," *Division of Mines Bulletin*, vol. No. 171, pp. 199-202,
- [٢] G. W. Housner, and Trifunac, M.D.,(1967) "Analysis of Accelerograms-Parkfield Earthquake," *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. 57, pp. 1193-1220,.
- [٣] A. MacRae, Morrow, D., and Roeder, C.,(2001) "Near-fault Ground Motion Effects on Simple Structures". *Journal of Structural Engineering*, pp. 996–1004.
- [٤] V. Bertero, Mahin, S., and Herrera, R.,(1978) "A Seismic Design Implications of Near-Fault San Fernando Earthquake Records," *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, vol. Vol. 6, pp ,٢٢-٣١ .Jan.-Feb.
- [٥] P. Somerville, Smith, N., Graves, R., and Abrahamson, N.,(1997a.) "Modification of Empirical Strong Ground Motion Attenuation Relations to Include Amplitude and Duration Effects of Rupture Directivity," *Seismological Research Letters*, vol. Vol. 68, No. 1, pp. 180-203,
- [٦] P. Somerville,(1998) "Development of an Improved Ground Motion Representation for Near-Fault Ground Motions," *SMIP 98, Seminar on Utilization of Strong Motion Data: Oakland, CA*,.
- [٧] P. Stewart, Chiou, S.J., Bray ,J., Graves, R., Somerville, P., and Abrahamson, N.,(2001/09), "Ground motion evaluation procedures for performance-based design," Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER).
- [٨] B. Alavi, and Krawinkler, H., (2001) "Effects of Near-Fault Ground Motions on Frame Structures," The John A. Blume Earthquake Engineering Center.
- [٩] A. Rodriguez-Marek, (2000) "Near-Fault Seismic Site Response," Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley, August,.
- [١٠] P. G. Somerville, (2003) "Magnitude Scaling of the Near-Fault Directivity Pulse," *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, vol. 137, pp. 201-212,
- [١١] K. Cox, and Ashford, S., (2002/22) "Characterization of large velocity pulses for laboratory testing," Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER).
- [١٢] J. W. Baker, (2007) "Quantitative Classification of Near-Fault Ground Motions Using Wavelet Analysis," *Bulletin of the Seismological Society of America*, vol. Vol. 97, No. 5, pp. 1486–1501, October.

- [۱۳] M. A. a. A. Zhou Xu, M. ASCE, (2010) "Decomposition and Effects of Pulse Components in Near-Field Ground Motions," *J. Struct. Eng.*, vol. 136:, pp. 690-699.,.
- [۱۴] B. Alavi, and Krawinkler, H., (2000) "Design Considerations for Near-fault Ground Motions". Proceeding of US-Japan Workshop on the Effects of Near-Field Earthquake Shaking," *San Francisco*, pp. 20-21, March
- [۱۵] G. P. Mavroeidis, Dong, G., and Papageorgiou, A.S., (2004) "Near-Fault Ground Motions and the Response of Elastic and Inelastic Single-Degree-of-Freedom (SDOF) Systems," *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, vol. 33, pp. 1023-1049.,.
- [۱۶] A. Chopra, and Chintanapakdee, C., (2001) "Comparing response of SDF systems to near-fault and far-fault earthquake motions in the context of spectral regions," *Earthquake Eng. and Structural Dynamics*, vol. Vol. 30, pp. 1769-1789.
- [۱۷] N. Makris, and Black, C., (2003) "Dimensional Analysis of Inelastic Structures Subjected to Near-Fault Ground Motions," *Earthquake Engineering Research Center (EERC)*, vol. Report No.05.,.
- [۱۸] UBC97, "Uniform Building Code," ed. International Conference of Building Officials, Whittier, California, 1997.
- [۱۹] C.-h. L. Juin-fu chai, Chao-Yu Chen, (2000) "Consideration of the near-fault effect on the seismic design code for sites near the Chelungpu fault," *Chinese institue of engineering*, vol. Vol 23, pp. 447-454.,.
- [۲۰] N. 1170.5, "Standards in New Zealand," in *part5: Earthquake actions*, ed, 2004.
- [۲۱] GB50011, "National Standards of the People's Republic of China," in *Building Industry Press*, ed, 2010.
- [۲۲] استاندارد ۲۸۰۰، "پیش نویس آیین نامه طراحی در برابر زلزله (ویرایش چهارم)" ۱۳۹۱،
- [۲۳] X. F. Jing Zhou, (2012) "Comparison of Near-Fault Effect Considered in Seismic Design Codes for Building," *Advanced Materials Research*, vol. 270,
- [۲۴] L. Decanini, Mollaioli, F., and Saragoni, R., (2000) "Energy and Displacement Demands Imposed by Near-Source Ground motions," *12WCEE. New Zealand*, vol. Paper 1136.,.
- [۲۵] N. B. CODE, "TECHNICAL STANDARD OF BUILDING E.030
"in *EARTHQUAKE-RESISTANT DESIGN Lima, Peru*, ed, 2003.

- [۲۶] SeismicCode, "Specification for Structures to be Built in Disaster Areas," in *EARTHQUAKE DISASTER PREVENTION*, ed. Ministry of Public Works and Settlement Government of Republic of Turkey, 1997.
- [۲۷] "NATIONAL BUILDING CODE OF INDIA " in *BUREAU OF INDIAN STANDARDS*, ed, 2005.
- [۲۸] SBC-301, "Saudi Building Code," in *Loads & Forces Requirements*, ed, 2007.
- [۲۹] "Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance," in *EUROPEAN STANDARD*, ed, 1998.
- [۳۰] "آیین نامه طراحی ساختمان ها در برابر زلزله " استاندارد ۸۴-۲۸۰۰، ویرایش سوم، ۱۳۸۴
- [۳۱] "EARTHQUAKE RESISTANT DESIGN CODES IN JAPAN," in *JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS*, ed, 2000.
- [۳۲] ASCE/SEI7-05, "Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures," in *American Society of Civil Engineers*, ed, 2005.
- [۳۳] "Seismic Design Code for Buildings in Taiwan," in *Construction and Planning Agency, Ministry of the Interior, R.O.C.*, ed, 2005.
- [۳۴] A. chopra, (2007) "Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering ", 3rd Edition, London , Prentice Hall Inc. ISBN 0-13-855214-2,.
- [۳۵] د. محمدرضا تابش پور، تفسیر مفهومی کاربردی آیین نامه طراحی ساختمان در برابر زلزله. گنج هنر، ۱۳۸۵.
- [۳۶] د. محمدرضا تابش پور، مبانی مهندسی زلزله. تهران: فدک ایستاتیس، ۱۳۹۱.
- [۳۷] F. M. Silvia Mazzoni, (2006) Michael H. Scott, Gregory L. Fenves, et al., "OpenSees Command Language Manual," pp. 1-465, 19 July,.
- [۳۸] م. حسینی وه. کنارنگی، کاربرد نرم افزار *Opensees* در مدل سازی و تحلیل سازه ها. نشر آژاده، ۱۳۹۲
- [۳۹] "PEER. Open System for Earthquake Engineering Simulation (OpenSees)." *Version 2.4.0 Berkeley: Pacific Earthquake Eng. Research Center, Univ of California*, vol. <http://opensees.berkeley.edu/>. 2005.
- [۴۰] FEMA-P695, "Seismic Performance Factor," ed. FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY: Washington, D.C., 2009 ,pp. 1-421.
- [۴۱] PEER, (2006a.) "PEER NGA Database. Pacific Earthquake Engineering Research Center,"

Abstract

Investigation and explanation of strong ground motions is of great importance in two fields of Structural Engineering (Analysis of Behavior of Structures view) and Earthquake Engineering (Analysis of Behavior of Ground view). For this purpose, here we initially deal with recognition of near-field and then will discuss impacts of this earthquake on structures. Significance and necessity of examination of near-field earthquakes is due to adjacency of cities and faults so as many faults are named after their adjacent cities or villages amongst them we can refer to faults of Eshtehard, Qum, Northern Tehran, Tabriz and Rey. Given to presence of active faults in many parts of Iran inclusive of Tehran and considering construction density of such cities, the majority of structures in these areas are located in fault vicinities. Subsequent to destructive earthquakes of Landers, Northridge and Kobe which considerably damaged structures with modern design codes, widespread studies were conducted to recognize near-field earthquakes. The main characteristics of this set of records is high frequency content and forward directivity effect. Forward directivity effect causes long-period pulses in records of earthquake. The main challenge this paper will deal with is how to include such effects in code design spectrum. The proposed method is a combination of methods employed in other codes. Along these lines, it is necessary, at the first step, to wholly recognize the area's faults and then include some factors as F_{PGA} , F_{PGV} , F_{PGD} , F_{T_d} and F_{T_s} design spectrum. Besides appropriate efficiency this method enjoys simplicity which is a characteristic of building codes. In the final part we will also deal with nonlinear behavior of three short, middle and high frames under near-field and far-field records and it will be suggested that long-period structures are more influenced by records of near-field earthquakes with pulse. To examine the behavior of structures, records of near faults and far faults are scaled whose results suggest that scaling of near-field records causes disregard of their specifications and similarity of results of near-field and far-field.

Keywords: Near field earthquake, Forward directivity , Design spectrum, Near field factor, Nonlinear behavior structure, Record scaling