به نام خداوند جان و خرد

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

دانشگاه صنعتی امیر کبیر(پلی تکنیک)
دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

پایان نامه کارشناسی ارشد گرایش مهندسی زلزله

کاربرد روش طراحی بر اساس عملکرد در سازه های جداسازی شده فولادی در حوزه نزدیک

نگارش

پارمیدا برومند

استاد راهنما

جناب آقای دکتر محسن تهرانی زاده

زمستان 1387

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

بسمه تعالی

تاریخ:
شماره:

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)

فرم اطلاعات پایان‌نامه
کارشناسی- ارشد و دکترا

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی: پارمیدا برومند دانشجوی آزاد ● بورسیه ○ معادل ○

شماره دانشجوئی:۸۵۱۲۴۱۲۹ دانشکده: مهندسی عمران و محیط زیست رشته تحصیلی: مهندسی زلزله گروه: سازه

مشخصات استاد راهنما:

نام و نام خانوادگی: محسن تهرانی زاده درجه و رتبه: استاد تمام

نام و نام خانوادگی: درجه و رتبه:

مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی: درجه و رتبه:

نام و نام خانوادگی: درجه و رتبه:

عنوان پایان‌نامه به فارسی : کاربرد روش طراحی بر اساس عملکرد در سازه های جداسازی شده فولادی در حوزه نزدیک

عنوان پایان‌نامه به انگلیسی:-APPLICATION OF PERFORMANCE-BASD DESIGN METHOD IN BASE-ISOLATED STEEL STRUCTURES IN NEAR-FIELD EARTHQUAKES

نوع پروژه: کارشناسی ○ ارشد ● دکترا ○ سال تحصیلی:۱۳۸۷

کاربردی ● بنیادی ○ توسعه‌ای ○ نظری ○

تاریخ شروع : ۱۳۸۶/۷/۱ تاریخ خاتمه :۱۳۸۷/۱۰/۲۱ تعداد واحد :۶ سازمان تأمین کننده اعتبار : دانشگاه صنعتی امیرکبیر

واژه‌های کلیدی به فارسی: طراحی بر اساس عملکرد، جداسازی از پایه، حوزه نزدیک، شتاب قائم

واژه‌های کلیدی به انگلیسی : Performance-Based Design, Base-Isolation, Near-Field Earthquakes, Vertical Acceleration

مشخصات ظاهری	تعداد صفحات۳۴۸	تصویر ●	جدول ●	نمودار ●	نقشه ○	واژه‌نامه ○	تعداد مراجع۴۷	تعداد صفحات ضمائم۱۰	
زبان متن	فارسی ●	انگلیسی ○		چکیده	فارسی ●	انگلیسی ●			
یادداشت									

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه

استاد: در مسائل تئوری و آزمایشگاهی و تخصیص بودجه و امکانات مناسب، بازنگری اساسی شود.

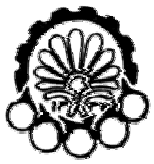
دانشجو: افزایش امکانات نرم افزاری دانشکده ها، به ویژه در بخش خرید برنامه های رایانه ای دارای مجوز و با استانداردهای بین المللی، متناسب با تعداد چشم گیر دانشجویان تحصیلات تکمیلی

امضاء استاد راهنما: **تاریخ:**

۱ : ارائه به معاونت پژوهشی به همراه یک نسخه الکترونیکی از پایان‌نامه و فرم اطلاعات پایان‌نامه بصورت PDF همراه چاپ چکیده (فارسی انگلیسی) و فرم اطلاعات پایان‌نامه

۲ : ارائه به کتابخانه دانشکده (شامل دو جلد پایان نامه به همراه نسخه الکترونیکی فرم در لوح فشرده طبق نمونه اعلام شده در صفحه خانگی کتابخانه مرکزی)

به نام خدا



تعهد نامه اصالت اثر

تاریخ: 1387/10/2

اینجانب پارمیدا برومند متعهد می شوم کـه مطالـب منـدرج در ایـن پایـان نامـه حاصـل کـار پژوهشی اینجانـب تحـت نظـارت و راهنمـایی اسـاتید دانـشگاه صـنعتی امیرکبیـر بـوده و بـه دستاوردهای دیگران که در این پژوهش از آن ها استفاده شـده اسـت، مطـابق مقـررات و روال متعارف ارجاع و در فهرست منابع و ماخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه قبلا برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نگردیده است.

در صورت اثبات تخلف در هر زمان، مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از درجه اعتبـار ساقط بوده و دانشگاه حق پیگیری قانونی خواهد داشت.

کلیه نتایج و حقوق حاصل از این پایان نامه متعلق بـه دانـشگاه صـنعتی امیرکبیـر مـی باشـد. هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی، واگذاری اطلاعات به دیگران یا چـاپ و تکثیـر، نـسخه برداری، ترجمه و اقتباس از این پایان نامه بدون موافقت کتبی دانشگاه صنعتی امیرکبیر ممنوع است. نقل مطالب با ذکر ماخذ بلامانع است.

پارمیدا برومند

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

با سپاس از رهنمودهای ارزنده استادان محترم
آقایان دکتر محسن تهرانی زاده، دکتر مهدی زارع و دکتر منصور ضیائی فر
و همراهی یکایک عزیزانی که مرا در پیمودن این راه پرفراز و نشیب صمیمانه یاری فرمودند.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تقدیم به بازماندگان زمین لرزه طبس ۱۳۵۷

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست

چکیده پایان نامه کارشناسی ارشد تحت عنوان:

کاربرد روش طراحی بر اساس عملکرد در سازه های جداسازی شده فولادی در حوزه نزدیک

ارائه شده توسط پارمیدا برومند **شماره دانشجویی** 85124129 **گرایش** مهندسی زلزله

استاد راهنما دکتر محسن تهرانی زاده حقیقی فر **تاریخ تحویل** 1387/10/2

با توجه به وجود آیین نامه های طراحی بر اساس نیرو و بهره گیری از نظام نظارت بر ساخت و ساز، بروز آسیب ها و خسارات شدید مالی و جانی به بار آمده در زلزله های یک دهه گذشته، همچون زمین لرزه های لوماپریتا 1989 (Lomaprieta 1989)، نورتریج 1994 (Northridge 1994)، کوبه 1995 (Kobe 1995) و ... گواهی است بر کاستی های موجود در فرضیات پایه این مجموعه ها و لزوم بازنگری در شیوه های سنتی طراحی سازه ها در برابر زمین لرزه. از این رو، در یک دهه گذشته، پژوهشگران و مهندسین دست اندرکار کوشیده اند با بهره گیری از روش طراحی بر اساس عملکرد، تصویری روشن و تا جای ممکن دقیق از رفتار سازه در برابر سطوح مختلف جنبش زمین ارائه داده و با برآورد آسیب های جانی و مالی و سازه ای و ناسازه ای محتمل در هر یک از سطوح خطر زمین لرزه، کارفرما را در امر تصمیم گیری و گزینش سطح عملکرد هدف، یاری دهند.

یکی از سطوح عملکرد مورد نیاز در سازه های با اهمیت بسیار زیاد همانند بیمارستان ها و مراکز درمانی، سطح عملکرد استفاده بی وقفه از سازه است که به موجب آن، مجموعه می بایستی در برابر تمام سطوح لرزش زمین، رفتاری تقریبا خطی و در حدود ناحیه کشسان (الاستیک) از خود نشان دهد. از آنجایی که تامین سختی و صلبیت کافی برای دست یابی به چنین سطح عملکردی، کاری دشوار و در بسیاری از موارد ناممکن است، مهندسین از شیوه هایی همچون جداسازی از پایه برای کاهش نیروهای منتقل شده از بستر به پیکره سازه استفاده می نمایند. بدین ترتیب، با کاهش چشم گیر تقاضا (Demand) تامین ظرفیت سازه ای مورد نیاز (Capacity) برای حفظ عملکرد بنا در ناحیه خطی، امکان پذیر می باشد.

از طرفی، توجه به رفتار غیرخطی روسازه، بر خلاف تصور کنونی مبنی بر لزوم عملکرد کاملا کشسان آن به هنگام زمین لرزه های شدید، از دو دیدگاه ضروری می نماید. نخست آنکه با توجه به پیشرفت دانش بشری و ساده تر شدن فرآیند طرح، تولید و اجرای قطعات جداساز، می توان چنین پیش بینی کرد که در آینده ای نه چندان دور، بهره گیری از این فن آوری تنها به سازه های با اهمیت بالا و سطوح عملکردی بی وقفه، اختصاص نخواهد داشت و این روش، رفته رفته جای خود را در طراحی های روزمره و سازه های با کاربری معمول و متعارف باز خواهد کرد. بنابراین در طرح سازه های عادی، حتی با به کارگیری عناصر جداساز، نیازی به نگاهداری سطح عملکرد سازه در حدود استفاده بی وقفه پس از زمین لرزه های شدید، نخواهد بود و بنا بر پیشنهادات گروه مهندسین محاسب و تصمیم نهایی کارفرما، می توان سطح عملکرد سازه را کاهش و بهره وری از ظرفیت خمیری و شکل پذیری آن را افزایش داد. به گونه ای که رفتار خمیری روسازه با استفاده از ضوابط طرح عملکردی، تا جای ممکن پیش بینی شده باشد. دوم آنکه با توجه به محتوای انرژی بسیار بالا

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

و ضربه های ناگهانی وارد بر سازه در اثر امواج پالس گونه سرعت و تغییر مکان در زلزله های شدید حوزه نزدیک، کوشش در نگاه داری رفتار سازه در حدود کشسان و یا پذیرش آسیب های بسیار جزئی متناسب با سطح عملکرد استفاده بی وقفه، ممکن است به طرح مجموعه ای غیراقتصادی بینجامد که روند طراحی و اجرای آن با دشواری های فراوانی همراه خواهد بود. بنابراین پذیرش رفتار غیرخطی برای روسازه و سهیم دانستن آن در پراکنش انرژی هنگفت زمین لرزه در گستره نزدیک به گسل، می تواند فرآیند طراحی را ساده تر بنماید، مشروط برآنکه اهمیت و کاربری بنا، با فرض رفتار خمیری برای اعضای سازه ای آن، سازگار باشد.

در این پژوهش، با فرض کاربری عادی برای سازه و درجه اهمیت متوسط برای آن، اهداف عملکردی طراحی در سازه های 5، 8، 10 و 15 طبقه جداسازی شده با جداگرهای لاستیکی با هسته سربی، از سطح عملکرد خدمت رسان در سطح خطر یک و استفاده بی وقفه در سطح خطر دو، به سطح عملکرد استفاده بی وقفه در سطح خطر یک و ایمنی جانی در سطح خطر دو، کاهش داده می شود و پاسخ خطی و غیرخطی سازه در برابر زمین لرزه های حوزه نزدیک متناسب با سطوح خطر یاد شده، با در نظر گیری اثرات هم زمان هر سه مولفه تحریک زمین، ارزیابی می گردد. در پایان پیشنهادات لازم جهت طرح عملکردی سازه های جداسازی شده، میزان وابستگی پاسخ آن به ویژگی های دینامیکی جنبش های نزدیک به گسل همانند بیشینه دامنه شتاب، سرعت و تغییر مکان نگاشت و نیز سطح انرژی زلزله و اثرات مولفه قائم جنبش زمین بر پاسخ غیر خطی مجموعه، ارائه می گردد. نرم افزار مورد استفاده در این پژوهش، SAP2000v.11.08 است.

طراحی بر اساس عملکرد- جداسازی از پایه- حوزه نزدیک- شتاب قائم

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

فهرست مطالب

پیشگفتار 1
فصل اول - نگرشی بر ویژگی های زمین لرزه های حوزه نزدیک به گسل 3
1-1- تاریخچه و دست آوردهای پژوهش بر روی زمین لرزه های حوزه نزدیک 3
1-2- ساختار فیزیکی ارتعاشات نیرومند زمین در حوزه نزدیک گسل 7
1-2-1- جهت پذیری گسلش 8
1-2-2- حرکت پرتابی گسل 9
1-2-3- دیگر عوامل تاثیر گذار بر جنبش های نیرومند زمین 12
1-3- مولفه قائم جنبش زمین 13
1-4- ویژگی های زمین ساختی زلزله طبس 1978 14
1-4-1- کلیات 14
1-4-2- عناصر ساختاری کواترنر در گستره مورد مطالعه 15
1-4-3- زمین ساخت حاکم بر منطقه 28
1-4-4- ارزیابی ساز و کار کانونی زمین لرزه ها 29
1-4-5- عمق کانونی زمین لرزه طبس 1978 31
فصل دوم - تاریخچه پیدایش و گسترش مهندسی زلزله 34
2-1- رخدادهای اواخر سده 19 میلادی و پیامدهای زلزله سانفرانسیسکو 1906 34
2-2- زمین لرزه Messina 1908 ایتالیا و Kanto 1923 ژاپن 36
2-3- سال های 1925 تا 1932 37
2-4- بنیان گذاری انجمن مهندسین سازه در کالیفرنیای شمالی و جنوبی 39
2-5- شکل گیری آیین نامه UBC 39
2-6- زمین لرزه 1933 لانگ بیچ و پیامدهای آن 39
2-7- گسترش آیین نامه ها در سال های 1933 تا 1959 39
2-8- بنیان گذاری نهاد پژوهش های مهندسی زلزله(EERI) 40
2-9- کاربرد علم دینامیک در مهندسی زلزله 41
2-10- تاسیس انجمن بین المللی مهندسی زلزله(IAEE) در سال 1960 41

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

2-11- تکامل تعاریف و اهداف مهندسی زلزله 41
فصل سوم - انواع روش های تحلیل و طراحی 43
3-1- طراحی به روش مقاومت (نیرو) 43
3-1-1- کاستی های آیین نامه های نیرویی 44
3-2- طراحی بر پایه رهیافت های عملکردی 48
3-2-1- تاریخچه پیدایش و روند تکاملی 48
3-2-2- مفاهیم پایه در طراحی بر اساس عملکرد 48
3-2-3- عدم قطعیت در طراحی 50
3-2-4- روند کلی در طراحی بر اساس عملکرد 51
3-2-5- طراحی بر اساس عملکرد با استفاده از انرژی 52
3-2-6- طراحی بر پایه عملکرد با استفاده از طرح ظرفیت 55
3-2-7- طراحی بر اساس عملکرد با استفاده از تغییر مکان 56
فصل چهارم - فرآیند تحلیل و طراحی عملکردی سازه 58
4-1- روش های تحلیل غیر خطی 59
4-1-1- برآورد تغییر مکان هدف سازه های پایه ثابت در تحلیل بار افزون 61
4-1-2- برآورد تغییرمکان هدف در سازه های جداسازی شده 74
4-1-3- الگوی اعمال بار جانبی 77
4-1-4- ضوابط بارگذاری 79
4-2- معیارهای پذیرش سازه 79
4-3- هدف عملکردی پایه در سازه های پایه ثابت 86
4-4- هدف عملکردی در سازه های جداسازی شده 87
فصل پنجم- ضوابط طرح ساختمان های جداسازی شده در آیین نامه ASCE 7-05 88
5-1- گزینش روش تحلیل 89
5-1-1- روش استایتکی معادل 89
5-1-2- روش دینامیکی 90
5-2- طراحی به روش استاتیکی معادل 90
5-2-1- خصوصیات تغییر شکل سیستم جداساز 91

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

5-2-2- کمینه نیروی جانبی 95
5-2-3- توزیع برش پایه در ارتفاع 96
5-2-4- حدود تغییر مکان طبقات 96
5-3- تحلیل دینامیکی 97
5-3-1- کلیات 97
5-3-2- مدل ریاضی 97
5-2-4- حدود تغییر مکان طبقات 96
5-3- تحلیل دینامیکی 97
5-3-1- کلیات 97
5-3-2- مدل ریاضی 97
5-3-3- تشریح روش های تحلیل 98
5-3-4- کمینه نیروها و تغییرمکان های جانبی 99
5-4- مدل سازی جنبش های زمین در سازه های جداسازی شده 100
5-4-1- طیف طراحی 100
5-4-2- تحلیل تاریخچه زمانی 101
5-5- پارامترهای آزمایشی سیستم جداساز 101
5-5-1- تعیین خصوصیات نیرو- تغییر شکل 101
5-5-2- ویژگی های سیستم جداساز لرزه ای 102
فصل ششم - تاریخچه جداسازی از پایه، مبانی نظری و مطالعات انجام شده 104
6-1- تاریخچه نظریه جداسازی برای مقابله با زلزله 105
6-2- انواع سیستم های جداساز 107
6-2-1- جداسازهای لاستیکی 107
6-2-2- جداسازهای لغزشی 109
6-3- بررسی پژوهش های تحلیلی انجام شده 110
6-3-1- اثرات انعطاف پذیری روسازه 111
6-3-2- بررسی رفتار سازه های جداسازی شده در برابر انواع تحریکات زمین لرزه 137
فصل هفتم - تحلیل و طراحی سازه های جداسازی شده بر اساس عملکرد 159
7-1-گزینش عملکرد هدف 159

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

7-2- فرضیات مدل سازی 160
7-3- مشخصات مجموعه جداساز 162
7-4- طراحی عملکردی سازه ها 167
7-4-1- طراحی بر اساس عملکرد با استفاده از تحلیل بارافزون 167
7-4-2- تحلیل دینامیکی غیر خطی سازه ها 184
7-5- ارزیابی پاسخ سازه با روسازه خطی و جداساز دو خطی 287
7-6- ارزیابی کارکرد جداسازی از پایه در مقایسه با روسازه مشابه پایه ثابت 289
7-7- مقایسه بیشینه برش پایه در تحلیل دینامیکی غیر خطی و بارافزون 302
7-8- درصد کاهش فولاد مصرفی با تغییر سطح عملکرد روسازه 304
فصل هشتم - تاثیر مولفه قائم زمین لرزه بر پاسخ دینامیکی سازه های جداسازی شده 305
8-1- بیشینه برش طبقات 305
8-2- شتاب مطلق افقی 308
8-3- تغییر مکان مطلق و نسبی 316
فصل نهم - نتیجه گیری و پیشنهاد 327
فهرست مراجع 335
پیوست یک 339
پیوست دو 346

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

پیشگفتار

با توجه به کاربرد سنتی فن جداسازی از پایه در سازه های با اهمیت زیاد همانند بیمارستان ها و مراکز درمانی و یا شریان های حیاتی همانند پل های اصلی شاه راه ها، هدف عملکردی مورد انتظار از این مجموعه ها در حالت خدمت رسان یا استفاده بی وقفه، منطقی و توجیه پذیر به نظر می رسد. بنابراین ضوابط طرح سازه های جداسازی شده در آیین نامه های کنونی نیز، بر اساس معیارهای سازگار با عملکرد هدف یاد شده، تدوین شده است. به گونه ای که بررسی های انجام گرفته به دست بسیاری از پژوهشگران علاقمند به پاسخ دینامیکی سازه های جداسازی شده، همواره با فرض رفتار غیرخطی جداساز و رفتار کشسان روسازه، صورت پذیرفته است.

از طرفی، توجه به رفتار غیرخطی روسازه، بر خلاف تصور کنونی مبنی بر لزوم عملکرد کاملا کشسان آن به هنگام زمین لرزه های شدید، از دو دیدگاه ضروری می نماید. نخست آنکه با توجه به پیشرفت دانش بشری و ساده تر شدن فرآیند طرح، تولید و اجرای قطعات جداساز، می توان چنین پیش بینی کرد که در آینده ای نه چندان دور، بهره گیری از این فن آوری تنها به سازه های با اهمیت بالا و سطوح عملکردی بی وقفه، اختصاص نخواهد داشت و این روش، رفته رفته جای خود را در طراحی های روزمره و سازه های با کاربری معمول و متعارف باز خواهد کرد. بنابراین در طرح سازه های عادی، حتی با به کارگیری عناصر جداساز، نیازی به نگاهداری سطح عملکرد سازه در حدود استفاده بی وقفه پس از زمین لرزه های شدید، نخواهد بود و بنا بر پیشنهادات گروه مهندسین محاسب و تصمیم نهایی کارفرما، می توان سطح عملکرد سازه را کاهش و بهره وری از ظرفیت خمیری و شکل پذیری آن را افزایش داد. دوم آنکه با توجه به محتوای انرژی بسیار بالا و ضربه های ناگهانی وارد بر سازه در اثر امواج پالس گونه سرعت و تغییر مکان در زلزله های شدید حوزه نزدیک، کوشش در نگاه داری رفتار سازه در حدود کشسان و یا پذیرش آسیب های بسیار جزئی متناسب با سطح عملکرد استفاده بی وقفه، ممکن است به طرح مجموعه ای غیراقتصادی بینجامد که روند طراحی و اجرای آن با دشواری های فراوانی همراه خواهد بود. بنابراین پذیرش رفتار غیرخطی برای روسازه و سهیم دانستن آن در پراکنش انرژی هنگفت زمین لرزه در گستره نزدیک به گسل، می تواند فرآیند طراحی را ساده تر بنماید، مشروط برآنکه اهمیت و کاربری بنا، با فرض رفتار خمیری برای اعضای سازه ای آن، سازگار باشد.

در این پژوهش، با فرض کاربری عادی برای سازه و درجه اهمیت متوسط برای آن، اهداف عملکردی طراحی در سازه های مورد بررسی، از سطح عملکرد خدمت رسان در سطح خطر یک و استفاده بی وقفه در سطح خطر دو، به سطح عملکرد استفاده بی وقفه در سطح خطر یک و ایمنی جانی در سطح خطر دو، کاهش داده می شود. خاطر نشان می

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

گردد که کاهش سطح عملکرد سازه جداسازی شده تا حد عدم فروریزش در برابر زمین لرزه ای مطابق با سطح خطر دو و در گستره نزدیک به گسل، به دلایل فنی و اقتصادی ممکن نمی باشد که شرح کامل آن در فصل هفتم این پژوهش ارائه شده است. به جهت مقایسه، افزون بر سازه های با سطح عملکرد کاهش یافته، طراحی تمامی سازه های مورد بررسی یکبار برای دست یابی به سطح عملکرد استفاده بی وقفه در برابر زمین لرزه های بسیار شدید حوزه نزدیک به گسل نیز ، انجام می گیرد تا بتوان در ادامه، تاثیرات نرم شدگی روسازه بر پاسخ دینامیکی مجموعه به دست آمده را ارزیابی نمود.

در راستای اهداف یاد شده از پژوهش در پیش رو، ابتدا مدلی اولیه از سازه های 5، 8، 10 و 15 طبقه بر اساس طرح استاتیکی معادل و روش مقاومت نهایی بر روی جداگرهای دو خطی بالشتک لاستیکی با هسته سربی شکل گرفته و در گام بعد، رفتار سازه های به دست آمده، تحت تحلیل غیر خطی بار افزون مورد ارزیابی و اصلاح قرار می گیرد که این فرآیند تا برآورده شدن تمامی معیارهای پذیرش بر اساس دستورالعمل FEMA 356 ادامه می یابد. در واپسین گام از طرح عملکردی سازه های جداسازی شده، رفتار ساختمان های به دست آمده از تحلیل بار افزون، در برابر نگاشت های حوزه نزدیک متناسب با سطوح خطر یک و دو آیین نامه ای، بازبینی و در صورت نیاز اصلاح می گردد. با مشخص شدن مقاطع نهایی روسازه در دو سطح عملکرد استفاده بی وقفه و ایمنی جانی، تاثیر نرمی روسازه بر پاسخ دینامیکی غیرخطی آن از مقایسه نتایج به دست آمده از سازه در هر عملکرد هدف، مورد ارزیابی قرار خواهد گرفت. همچنین در راستای ارزیابی میزان وابستگی و حساسیت پاسخ های مجموعه جداسازی شده به هر یک از ویژگی های جنبش های حوزه نزدیک، همانند سطح انرژی، بیشینه دامنه شتاب، سرعت و تغییر مکان نگاشت، نتایج تحلیل غیر خطی سازه ها با نگرشی آماری مورد پردازش قرار می گیرد. در گام بعد، در راستای ارزیابی میزان کارکرد جداسازها در سازه های طرح شده، با مقایسه پاسخ غیرخطی روسازه در دوحالت جداسازی شده و پایه ثابت، دامنه تاثیرات بهره گیری از عناصر جداساز در طرح سازه های با سطح عملکرد کاهش یافته در برابر جنبش های شدید حوزه نزدیک به گسل، بررسی می شود. پس از آن، با انجام تحلیل دینامیکی خطی روسازه و در نظر گیری خواص دو خطی جداساز، تخمینی از ضریب کاهش برش پایه در اثر تشکیل مفاصل خمیری در روسازه با سطح عملکرد ایمنی جانی و نیز میزان اضافه مقاومت موجود در سازه های با سطح عملکرد استفاده بی وقفه، ارائه می گردد. در آخرین بخش از پژوهش انجام شده، دامنه تاثیر وجود مولفه قائم نگاشت بر پاسخ دینامیکی سازه های جداسازی شده با جداگر بالشتک لاستیکی با هسته سربی مورد ارزیابی قرار می گیرد. در پایان، دست آوردهای پژوهش به صورت پیشنهادات ارائه شده در الگوی طرح عملکردی سازه های جداسازی شده و حدود وابستگی پاسخ این مجموعه ها به ویژگی های دینامیکی زمین لرزه ها در گستره نزدیک به گسل، ارائه می گردد.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

فصل اول

نگرشی بر ویژگی های زمین لرزه های حوزه نزدیک به گسل

گسترش امکانات نرم افزاری و سخت افزاری در ثبت و پردازش نگاشت های زمین لرزه در سال های اخیر، همراه با کارکرد نامناسب ساختمان های مهندسی ساز در برخی زمین لرزه ها، همچون زلزله Northridge 1994، Kobe 1995، ChiChi 1999 و ... ، فصل تازه ای را در مهندسی زلزله در ارتباط با ویژگی های امواج زمین لرزه در گستره نزدیک به گسل گشوده، به گونه ای که پژوهشگران را به توجه بیش از پیش به آثار زیان بار زلزله، به عنوان تابعی از نوع و فرآیند گسلش و فاصله تا ساختگاه، همچنین ویژگی های دینامیکی سازه های آسیب دیده، متمایل نموده است. بر پایه بررسی های انجام شده بر روی چنین نگاشت هایی از حرکات نیرومند زمین، روشن است که در شرایطی خاص، جنبش های ناشی از زمین لرزه می تواند دربردارنده تعداد محدودی پالس های شدید سرعت و جا به جایی با زمان تناوب بالا باشد که بیش ترین آسیب را متوجه ساختمان های با زمان تناوب بلند ارتعاشی می نماید. به گونه ای که انتقال مقدار هنگفتی انرژی در مدت زمانی بسیار کوتاه به پیکره سازه، به افزایش نیاز به میرایی در آن می انجامد که در صورت عدم تامین، اسکلت سازه خود تبدیل به وسیله ای برای پراکنش این انرژی شده و با تشکیل بیش از حد مفاصل خمیری، می تواند تا مرزهای گسست و فروریزش نیز پیش روی نماید.[1]،[2] بر این اساس، در ادامه به ویژگی های تاثیرگذار زمین لرزه های حوزه نزدیک به گسل می پردازیم.

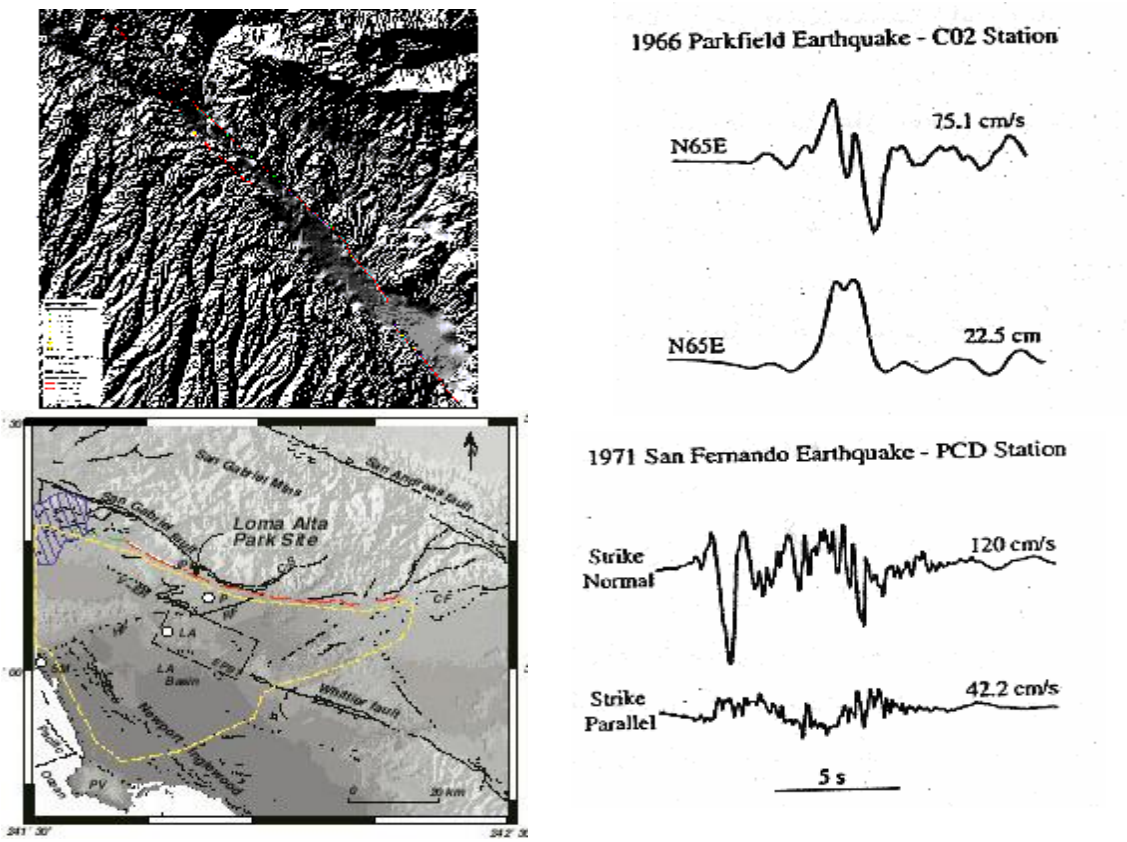
1-1- تاریخچه و دست آوردهای پژوهش بر روی زمین لرزه های حوزه نزدیک

نخستین بررسی های انجام شده بر روی نگاشت های جنبش در حوزه نزدیک به گسل، مربوط به زمین لرزه های Parkfield 1966 و San Fernando 1971 در ایالت کالیفرنیای آمریکا می باشد.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

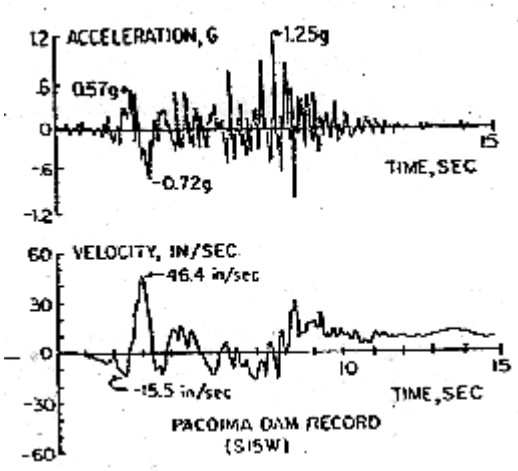
اثرات گسل لرزه زا، برای نخستین بار در نگاشت برجـای مانـده از زمـین لـرزه Parkfield 1966، مـشاهده گردیـد. از ویژگی های این نگاشت، وجود دامنه های بزرگ و بلنـد مـدت تغییـر مکـان و سـرعت اسـت کـه هـاوزنر و همکـاران (Housner *et al.*) برای اولین بار نسبت به این مهم، آگاهی یافتند. [2]

همچنین در نگاشت ثبت شده از زمین لرزه San Fernando 1971 در ایستگاه سد پاکویما، وجود پـالس هـای بـزرگ سرعت در راستای عمود بر گسل، به اثبات رسید. تصاویری از نگاشت های مربوط به دو زمین لرزه یاد شده بـه همـراه مسیر پارگی گسل San Andreas در شکل (1-1) نشان داده شده است. برترو و همکاران، نخستین پژوهندگانی بودند که اثر دامنه های بلند سرعت بر رفتار دینامیکی سازه ها را مورد ارزیابی قرار دادند. آنها با بررسی عملکـرد سـاختمان بیمارستان اولیو ویو در زمین لرزه یاد شده، که به فاصله چند کیلومتری از گسل قرار داشت، رفتـار ناکشـسان سـازه و تشکیل چرخه های خمیری عمده در اسکلت آن را، مرتبط با دامنه های بلند و نسبتا طولانی نگاشـت زمـین لـرزه در ایستگاه سد پاکویما دانستند. [1] همان گونه که در شکل (1-2) مشاهده می گردد، نگاشت نام برده دربردارنده مقدار شتاب بیشینه زمین، PGA=1.25g بوده که پژوهش های انجام گرفته، نشان از تـاثیرات توپـوگرافی منطقـه و شـرایط ساختگاه بر روی محتوای بسامدی آن دارد. همچنین وجود دامنه های شتاب با مدت دوام 0,5 تا 0,67 ثانیه، در ایـن زلزله قابل شناسایی است. نکته درخور توجه دیگر در این نگاشت، وجود سرعت های نمـوی بـزرگ زمـین در نگاشـت های مربوط به سرعت است که به دنبال پالس های بلند مدت شتاب، ایجاد می گردد. این آثار همچنین بر روی دامنه های تغییرمکان نگاشت نیز دیده می شود. [2]



شکل 1-1- نگاشت های سرعت و جا به جایی زمین لرزه های Parkfield 1966 و San Fernando 1971 به همراه مسیر پارگی گسل San Andreas [2]، [3]، [4]

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شکل 1-2- تاریخچه زمانی شتاب و سرعت زمین لرزه San Fernando 1971 در ایستگاه سد Pacoima
[2]

امروزه، وجود ویژگی های یاد شده در زمین لرزه های حوزه نزدیک گسل (با فاصله کم تر از 15 کیلومتر تا گسل)، با بررسی های انجام شده بر روی دیگر زلزله های بزرگ دنیا، همانند Northridge 1994، Kobe 1995، Chi Chi 1999 در گستره یاد شده، به اثبات رسیده است.

از دیدگاه کلی، وجود زمان تناوب نسبتا طولانی در شتاب نگاشت های به دست آمده از جنبش های نیرومند زمین در گستره نزدیک به گسل، به شکل گیری دامنه های بالای سرعت و تغییر مکان می انجامد که این امر از دیدگاه ریاضیات، و در فرآیند انتگرال گیری عددی از شتاب نگاشت، برای دست یابی به موج های سرعت و تغییرمکان نظیر، قابل پذیرش است. همچنین از دیگر یافته های پژوهش گران، عمومیت وجود پالس های دامنه بلند در ابتدای نگاشت ثبت شده در جنبش های نزدیک به گسل است. از آنجایی که انرژی با کمیت های سرعت و تغییرمکان در ارتباط مستقیم است، حرکات ضربه ای ایجاد شده در حوزه نزدیک، انرژی بالایی را به سازه انتقال داده که آثار زیان بار آن، در سازه های با زمان تناوب ارتعاشی بیش از 0,8 ثانیه، آشکارا به چشم می خورد. چه بسا، به دلیل انتقال امواج برشی با دامنه های بسیار بالا در مدت زمان بسیار کم به سازه، تغییر شکل های به وجود آمده در آن و دست کم در چرخه های ابتدایی از پاسخ سازه، با هیچ یک از تک مودهای پاسخ سازه قابل تقریب نباشد و چنین به نظر می رسد که تغییر شکل ها در چند ثانیه اول ارتعاش (در بازه رخداد حرکات ضربه ای)، بیش تر شبیه به نگاشت تاریخچه زمانی جا به جایی ورودی است و تا اندازه ای می تواند غیر وابسته به عواملی همانند زمان تناوب یا سایر مشخصات دینامیکی سازه باشد.[5] بنابر این حتی در صورت هم خوانی قابل قبول تغییر مکان های کل به دست آمده از سازه با تخمین های حاصل از تحلیل طیفی آیین نامه ای، تغییر شکل های محلی در اعضا همچون چرخش گره ها و نیز تغییر مکان های نسبی طبقات، به خوبی با کاربرد طیف آیین نامه برآورد نمی شود. گرچه وجود چنین آثاری در جنبش های حوزه نزدیک به گسل و کاستی های تخمین نیاز لرزه ای با استفاده از آیین نامه های کنونی به خوبی بر پژوهشگران و دست اندرکاران طرح سازه های مقاوم در برابر زلزله آشکار شده است، کمبود اطلاعات آزمایشگاهی و تجربی و نیز پیچیدگی فرآیندهای موثر بر پاسخ دینامیکی سازه ها در گستره نزدیک به گسل، مانع از انجام اصلاحات گسترده در آیین نامه ها و دستورالعمل های طرح سازه های مقاوم در برابر زلزله شده است و تا کنون، کشورهای انگشت شماری قوانینی برای درنظرگیری این آثار ویران گر در متن آیین نامه های خود، گنجانده اند.[5]، [6]

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

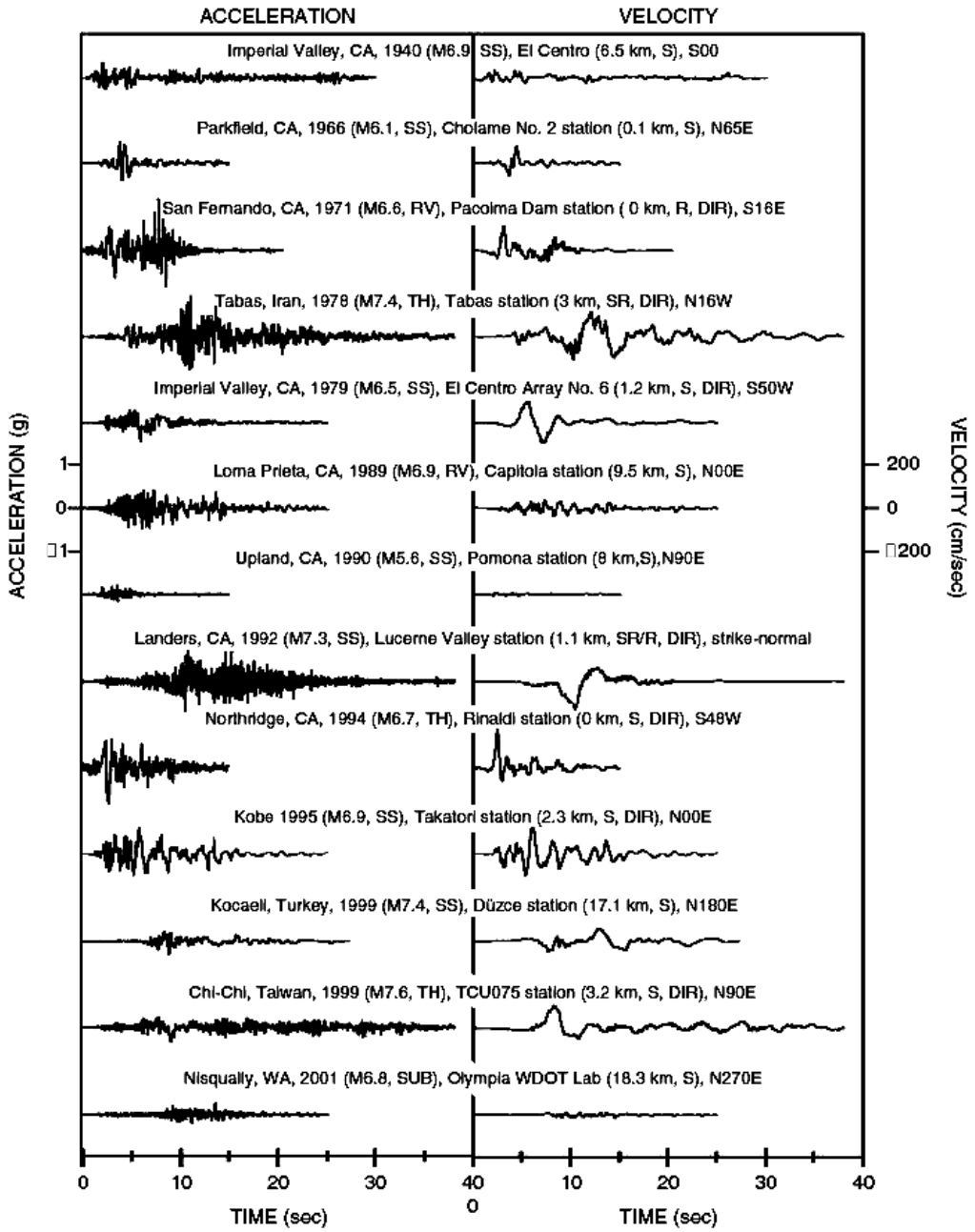
پژوهش های بسیاری در زمینه شناخت ویژگی های جنبش های نیرومند زمین بر پایه مدل های دو بعدی و سه بعدی حرکت گسل صورت گرفته است. این بررسی ها خاطر نشان می سازد که شدت پالس های یاد شده با راستای انتشار امواج نسبت به ساختگاه، ساز و کار گسلش و شرایط ویژه بستر در ارتباط تنگاتنگ است. یادآور می شود که ساز و کار گسلش فرآیند پیچیده ای است که در یک دسته بندی کلی، می توان به ساز و کار های امتداد لغز، شیب لغز، عمود لغز، معکوس، نرمال و مایل اشاره کرد.[2]

جدول(1-1)، شناسه های تعدادی از به نام ترین زمین لرزه های حوزه نزدیک به گسل را، نشان می دهد. پژوهندگان بر این باورند که شاخص بیشینه سرعت زمین، PGV، نسبت به بیشینه شتاب زمین لرزه، PGA، معیار مناسب تری در راستای گزینش زلزله های طراحی در سازه های با زمان تناوب بالاست که می تواند بازتابی از میزان انرژی ورودی به سازه در اختیار طراح قرار دهد. همان گونه که از اعداد ارائه شده برمی آید، مقادیر عددی عنوان شده برای کمیت بیشینه سرعت زمین، در گستره 100 تا 150 سانتی متر بر ثانیه بوده و برای مقدار بیشینه شتاب زمین، بازه مشخصی وجود ندارد. مقدار بیشینه تغییرمکان ثبت شده در زمین لرزه نیز، تغییراتی بین 0,5 تا 2,5 متر دارد. شکل(1-3)، نگاشت های ثبت شده از شتاب و سرعت برخی زمین لرزه های شدید حوزه نزدیک را به تصویر می کشد. به هر روی، آنچه بر شکل گیری ماهیت و مقدار کمیات یاد شده تاثیری غیر قابل چشم پوشی دارد، ساختار فرآیند پارگی گسل و نیز چگونگی جا به جایی آن است که تبیین دقیق آن، نیازمند بررسی های فراگیر و اصولی در زمینه های علوم زلزله شناسی است. در ادامه، برخی فرآیندهای شناخته شده در شکل گیری آثار ویران گر زمین لرزه های حوزه نزدیک، مورد بررسی قرار می گیرد.

جدول 1-1- شناسه های برخی زمین لرزه های به نام حوزه نزدیک [7]

Earthquake	Distance* (km)	Acceleration (g)	Velocity (cm/s)	Displacement (cm)
1971 San Fernando, USA, M_w6.7				
Pacoima Dam	0	1.12	113	38
1978 Tabas, Iran, M_w7.4				
Tabas	3	0.92	125	106
1979 Imperial Valley, USA, M_w6.5				
El Centro Array 7	1	0.65	110	61
El Centro Array 6	1	1.74	119	55
Bonds Corner	4	0.81	44	15
El Centro Array 5	4	0.56	87	52
El Centro Array 8	4	0.64	53	29
1985 Nahanni, Canada, M_w6.8				
Site 1	0	>2.0	39	36
Site 2	0	0.50	31	31
1987 Superstition, USA, M_w6.6				
Parachute Test site	0	0.53	138	60
Superstition Mountain	6	0.91	44	15
1989 Loma Prieta, USA, M_w6.9				
Los Gatos Presentation Center	0	0.62	102	40
Lexington Dam	5	0.44	120	32
1992 Erzincan, Turkey, M_w6.8				
Erzincan	2	0.50	105	40
1992 Petrolia, USA, M_w7.0				
Cape Mendocino	0	>1.8	126	67
Petrolia	5	0.69	90	31
1993 Landers, USA, M_w7.2				
Lucerne	1	0.90	142	255
1994 Northridge, USA, M_w6.7				
Rinaldi Receiving Station	0	0.85	177	50
Sylmar Converter Station	0	0.90	129	50
Los Angeles Dam	0	0.32	79	22
Sepulveda Veterans Hospital	0	0.94	75	15
Jensen Filtration Plant	0	0.85	103	38
Sylmar County Hospital	2	0.91	134	44
Van Nuys (hotel)	2	0.47	48	13
Arleta fire station	4	0.59	44	15
Newhall fire station	5	0.63	101	36
Tarzana nursery	5	1.82		
1995 Hanshin, Japan, M_w6.9				
Kobe (JMA)	0	0.85	105	26
Kobe University	0	0.31	55	18
Takatori	0		176	

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شکل 1-3- نگاشت شتاب و سرعت برخی زمین لرزه های شدید حوزه نزدیک به گسل [8]

1-2- ساختار فیزیکی ارتعاشات نیرومند زمین در حوزه نزدیک گسل

زمین لرزه های حوزه نزدیک به گسل، اغلب دربردارنده پالس های موج گونه با زمان تناوب طولانی است. کلی ترین عوامل در ایجاد چنین ویژگی هایی، به دو صورت تشریح می گردد. نخست تداخل سازنده امواج بر اساس جهت گیری پارگی گسل و عامل دیگر، حرکت زمین به علت جا به جایی دائمی به وجود آمده در اثر رانش گسل که این دو

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

فرآیند به ترتیب جهت پذیری (directivity) و شکست استاتیکی یا حرکت پرتابی گسل (Fling Step) نامیده می شود[1] که هر یک در ادامه به اختصار توضیح داده خواهد شد.

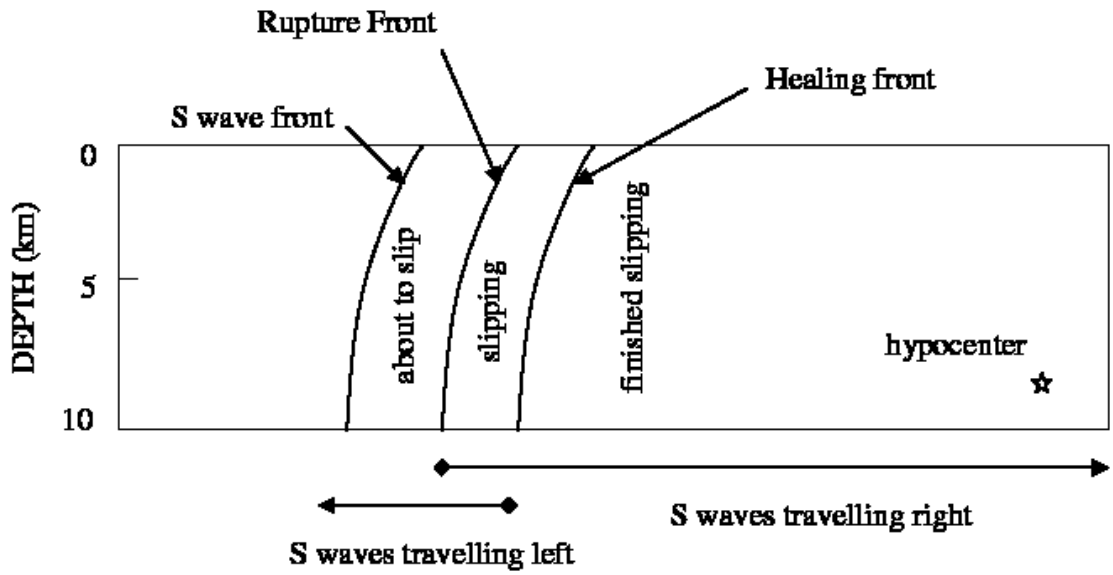
1-2-1- جهت پذیری گسلش

جهت پذیری، فرآیندی است که اثرات آن در دو حالت جهت پذیری پیش رو و جهت پذیری پس رو، قابل بررسی است.

جهت پذیری پیش رو، هنگامی رخ می دهد که پارگی گسل به سمت ساختگاه بوده و جهت لغزش گسل در صفحه آن، هم راستا با انتشار پارگی باشد. این امر به دلیل نزدیکی سرعت گسترش پارگی به سرعت امواج برشی سنگ بستر در ساختگاه می باشد و دارای ساختاری دینامیکی است . همان گونه که در شکل(1-4) نشان داده شده است، همزمان با گسترش پارگی از کانون زمین لرزه به سمت ساختگاه، انرژی زلزله، در جبهه گسیختگی در هر ناحیه تجمع می یابد. این جبهه به صورت یک حرکت ضربه ای ناگهانی در جهت عمود بر صفحه گسل که غالبا در ابتدای نگاشت خودنمایی می کند، به سازه منتقل می گردد. از ویژگی های پالس ایجاد شده، دامنه بلند و زمان تناوب متوسط رو به بالاست.

حالت دوم یا جهت پدیری پس رو، در صورت واقع شدن ساختگاه در خلاف جهت انتشار گسیختگی، روی می دهد. ویژگی نگاشت های برجای مانده در جهت پذیری پس رو، دامنه های کوتاه با زمان تناوب بالاست که آثار تخریبی جهت پذیری پیش رو در آن دیده نمی شود.

در حالت خاص، جهت پذیری خنثی نیز ممکن است به وجود آید که در آن، آثار جهت گیری گسلش در مناطق بسیار نزدیک به رومرکز زمین لرزه، رخ نمی دهد. دلیل این امر آن است که در چنین شرایطی، جهت پذیری هیچ یک از شرایط پیش رو یا پس رو را نخواهد داشت.[9]



شکل 1-4- انتشار موج برشی زمین لرزه به سمت ساختگاه[9]

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com