



دانشگاه کردستان

دانشکده مهندسی

گروه عمران

عنوان:

ارائه طیف غیر ارتجاعی برای در نظر گرفتن پس لرزه

پژوهشگر:

محمد جنیدی

استاد راهنما:

دکتر مرتضی بسطامی

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته عمران گرایش مهندسی زلزله

اسفند ماه ۱۳۹۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج مطالعات،

ابتکارات و نوآوریهای ناشی از تحقیق موضوع

این پایان نامه (رساله) متعلق به دانشگاه کردستان است.

تعهد نامه

اینجانب محمد جنیدی دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران گرایش مهندسی زلزله دانشگاه کردستان، دانشکده مهندسی گروه مهندسی عمران تعهد می‌نمایم که محتوای این پایان نامه نتیجه تلاش و تحقیقات خود بوده و از جایی کپی برداری نشده و به پایان رسانیدن آن نتیجه تلاش و مطالعات مستمر اینجانب و راهنمایی و مشاوره اساتید بوده است.

با تقدیم احترام

محمد جنیدی

۱۳۹۱/۱۲/۲۳

تقدیم بہ

بہترین و اشرف گانی کہ در این عالم ہستی یافتہ و

وجودم برایشان سراسر مملو بود از زحمت و زحمت و زحمت

پدر، مادر و ہمسر عزیزم

تقدیم و تشکر

در این دوره از مقطع زندگانی با انسانی بزرگوار آشنا شدم که برای من، هم معلم اخلاق بود و هم معلم شیوه زندگی. افسوس که این دوره به سرعت طی شد. معلمی که در باب تفکر در مباحث علمی حریص بود و سعی کرد دانشجویان را در این مسیر قرار دهد. معلمی که به من یاد داد علم را برای علم بخواهم و نه چیز دیگر. از این رو کمال تشکر و تقدیر را از این استاد و معلم گرانقدر دارم.

چکیده

زمین لرزه یکی از مهمترین مسائلی است که مهندسی عمران با آن سروکار داشته است. یکی از مباحثی که در رابطه با این پدیده طبیعی وجود دارد بررسی اثرات لرزه‌های قبل و بعد از لرزه اصلی که اصطلاحاً به آنها پیشلرزه و پس‌لرزه گفته می‌شود بر روی سازه‌های مهندسی است. پیش از وقوع رویداد اصلی تا زمانی که رشته پس‌لرزه‌ها ادامه دارند تغییرات زیادی در پارامترهای جنبش زمین بوجود می‌آید که همین امر باعث می‌شود تا یک سازه با مشخصات ثابت در معرض امواج لرزه‌ای با ویژگی‌های متفاوت قرار بگیرد. در این مطالعه برای بررسی اهمیت پیشلرزه و پس‌لرزه‌ها، طیف پاسخ سازه یک درجه آزادی که در لرزه اصلی احتمالاً دچار آسیب می‌شود را تحت رویدادهای دنباله‌دار (لرزه اصلی به همراه پیشلرزه و پس‌لرزه) محاسبه شده و سپس با طیف پاسخ لرزه اصلی مقایسه می‌گردد. برای بررسی اهمیت رویدادهای دنباله‌دار، پارامترهای تاثیرگذار بر روی طیف پاسخ نظیر ضریب سخت‌شدگی، ضریب شکل‌پذیری، دوره تناوب سازه و نوع خاک منطقه به ازای مقادیر مختلف لحاظ گردیده است. نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان می‌دهد که پیشلرزه و پس‌لرزه‌ها تاثیر چشمگیری بر طیف پاسخ ناشی از لرزه اصلی گذاشته و باعث افزایش در پاسخ سازه می‌شود و این امر بایستی به نحوی در مبانی آیین‌نامه‌های طراحی لرزه‌ای گنجانده شود.

کلمات کلیدی

رویدادهای دنباله‌دار، پیشلرزه، پس‌لرزه، سازه یک درجه آزادی، طیف پاسخ.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	فصل اول (جمع آوری، اصلاح و فیلتر شتابنگاشت زمین لرزه ها)
۲	۱-۱- مقدمه.....
۶	۲-۱- پیشینه مطالعات انجام شده.....
۹	۳-۱- خصوصیات و پارامترهای مهم شتابنگاشت ها.....
۹	۱-۳-۱- انتخاب نوع ساختگاه.....
۱۳	۲-۳-۱- ویژگیهای حرکات لرزه ای زمین و عوامل موثر بر آن.....
۱۳	۱-۲-۳-۱- حداکثر حرکات زمین.....
۱۴	۲-۲-۳-۱- طول مدت حرکات زمین لرزه.....
۱۷	۳-۲-۳-۱- محتوای فرکانسی.....
۱۸	۳-۳-۱- شدت و بزرگای زمین لرزه.....
۱۸	۱-۳-۳-۱- مقیاسهای بزرگای زمین لرزه.....
۲۰	۲-۳-۳-۱- تبدیل بزرگا.....
۲۱	۴-۱- اصلاح شتابنگاشتها.....
۲۲	۱-۴-۱- تصحیح محور پایه شتاب صفر و فیلتر کردن شتابنگاشت ها.....
۲۳	۲-۴-۱- اصلاح خط پایه.....
۲۳	۳-۴-۱- فیلتر شتابنگاشت ها.....
	فصل دوم (مشخصات زمین لرزه های بکار برده شده)
۲۸	۱-۲- مقدمه.....

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۲۸	۲-۲- انتخاب زمین لرزه.....
۳۰	۲-۲-۱- معرفی شتابنگاشت‌های زمین لرزه و پس‌لرزه‌های آنها.....
۳۶	۲-۳- بررسی شتابنگاشت‌های جمع آوری شده
۳۶	۲-۳-۱- حداکثر حرکات زمین
۳۸	۲-۳-۲- طول مدت حرکات لرزه ای شدید.....
۳۸	۲-۳-۳- محتوای فرکانسی.....
	فصل سوم (مبانی، مفاهیم، اهداف، مدل ورودی و پارامترهای بکار برده شده)
۴۲	۳-۱- مقدمه.....
۴۲	۳-۲- پیشینه تحقیق
۴۶	۳-۳- اهداف ار انجام تحقیق
۴۷	۳-۴- مفهوم طیف پاسخ (طیف بازتاب).....
۴۷	۳-۴-۱- طیف پاسخ شبه شتاب.....
۴۹	۳-۵- توصیف مدل ورودی
۵۱	۳-۶- روش و مشخصات پارامترهای ورودی تحقیق
	فصل چهارم (ارائه طیف غیر ارتجایی با در نظر گرفتن اثرات پس‌لرزه و پیش‌لرزه)
۵۴	۴-۱- مقدمه.....
۵۴	۴-۲- اثرات پس‌لرزه‌ها روی طیف ناشی از لرزه اصلی.....
۵۵	۴-۲-۱- رویدادهای‌های دنباله‌دار
۵۶	۴-۲-۲- هم پایه کردن رویدادهای‌های دنباله دار.....

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۵۶	۱-۲-۲-۴- رویدادهای دنباله‌دار با پس‌لرزه‌هایی با بیشینه شتاب کوچکتر از لرزه اصلی
۶۲	۲-۲-۲-۴- رویدادهای دنباله‌دار با پس‌لرزه‌هایی با بیشینه شتاب بزرگتر از لرزه اصلی
۶۵	۳- ۴- بررسی حالت‌های مختلف
۶۸	۱-۴-۴- بررسی حالات به همراه پس‌لرزه
۶۹	۱-۱-۳-۴- بررسی اثرات ضریب شکل پذیری بر طیف پاسخ
۷۱	۲-۱-۳-۴- بررسی طیف پاسخ برای انواع ساختگاه
۷۱	۱-۲-۱-۳-۴- ساختگاه نوع خاک
۷۱	۲-۱-۳-۴- بررسی طیف پاسخ برای انواع ساختگاه
۷۲	۱-۱-۲-۱-۳-۴- بررسی تاثیر ضریب سخت شدگی در ساختگاه نوع خاک
۷۹	۲-۱-۲-۱-۳-۴- بررسی اثرات ضریب شکل پذیری بر پاسخ برای ساختگاه نوع خاک
۸۲	۲-۲-۱-۳-۴- ساختگاه نوع سنگ
۸۴	۳-۱-۳-۴- بررسی کلی اثرات حالات و پارامترهای مختلف بر طیف پاسخ
۸۸	۲-۳-۴- بررسی حالات به همراه پس‌لرزه و پیش‌لرزه
	فصل پنجم (نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات)
۹۲	۱-۵- بحث و نتیجه‌گیری
۹۴	۲-۵- ارائه پیشنهادات
۹۵	پیوست
۱۰۹	منابع و مراجع

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۳.....	جدول ۱-۱- فهرست پس لرزه های زمین لرزه ۱۱ مارچ ۲۰۱۱ ژاپن.....
۱۰.....	جدول ۲-۱- انواع خاک های استاندارد IBC 2006 براساس سرعت موج برشی.....
۱۱.....	جدول ۳-۱- انواع ساختگاه استاندارد ۲۸۰۰ براساس سرعت موج برشی.....
۱۲.....	جدول ۴-۱- انواع خاک های استاندارد Eurocode 8 براساس سرعت موج برشی.....
۳۲.....	جدول ۱-۲- اطلاعات شتابنگاشتهای زمین لرزه و پس لرزه های آنها.....
۵۲.....	جدول ۱-۳- دسته بندی زمین لرزه ها از نظر ساختگاه.....
۵۲.....	جدول ۲-۳- مشخصات پارامترهای تحلیل.....

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۴.....	شکل ۱-۱- نمونه ای از یکی از پس لرزه های زمین لرزه ۱۱ آگوست ۱۹۹۶ ژاپن.
۶.....	شکل ۲-۱- مقایسه طیف فوریه دو زمین لرزه شکل (۱-۱) (الف) لرزه اصلی (ب) پس لرزه.
۷.....	شکل ۳-۱- اثر چندگانه زلزله های ۱۹۷۷، ۱۹۸۶ و ۱۹۹۰ رومانی بعنوان پس لرزه.
۸.....	شکل ۴-۱- اثر چندگانه یک رخداد بعنوان مدلسازی اثر پس لرزه.
۹.....	شکل ۵-۱- مقایسه تغییرات جابجایی ماکزیمم سازه تحت اثر پس لرزه های زمین لرزه Mammoth Lake به صورت تکی و چندگانه.
۱۴.....	شکل ۶-۱- شتابنگاشت زمین لرزه طبرس با حداکثر شتاب $0.96g$.
۱۶.....	شکل ۷-۱- طیف اریاس زمین لرزه ۱۹۷۸ طبرس ایران.
۱۸.....	شکل ۸-۱- طیف فوریه زمین لرزه سال ۱۹۷۸ طبرس ایران.
۲۱.....	شکل ۹-۱- تبدیل بزرگهای مختلف به بزرگای ممانی.
۲۵.....	شکل ۱۰-۱- شتابنگاشت بدون فیلتر و اصلاح خط پایه زمین لرزه سال ۲۰۱۱، ژاپن ($M = 9$).
۲۶.....	شکل ۱۱-۱- شتابنگاشت اصلاح شده لرزه اصلی زمین لرزه سال ۲۰۱۱، ژاپن ($M = 9$).
۳۰.....	شکل ۱-۲- زمین لرزه ۱۱ مارچ ۲۰۱۱.
۳۴.....	شکل ۲-۲- زمین لرزه ۱۱ مارچ ۲۰۱۱ ژاپن با بزرگای ۹ الف) نمودار شتاب بر حسب g و Sec (ب) طیف فوریه بر حسب $g.s$ و Hz (ج) طیف پاسخ بر حسب g و Sec .
۳۵.....	شکل ۳-۲- پس لرزه ۷ آوریل ۲۰۱۱ با بزرگای ۷/۱ الف) نمودار شتاب بر حسب g و Sec (ب) طیف فوریه بر حسب $g.s$ و Hz (ج) طیف پاسخ بر حسب g و Sec .
۳۶.....	شکل ۴-۲- مقایسه حداکثر شتاب لرزه اصلی با ۶ پس لرزه آن، زمین لرزه ۱۹۹۶ ژاپن ($M = 5.9$).
۳۷.....	شکل ۵-۲- مقایسه حداکثر شتاب لرزه اصلی با ۸ پس لرزه آن. زمین لرزه ۲۰۰۴ ژاپن ($M = 6.8$).

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۲-۶- مقایسه حداکثر شتاب لرزه اصلی با ۵ پس لرزه آن. زمین لرزه ۱۹۸۰ Mammoth Lakes	
(M=۶/۱)	۳۷.....
شکل ۲-۷- مقایسه حداکثر شتاب لرزه اصلی با ۹ پس لرزه آن. زمین لرزه ۱۹۸۱ ایران (M = ۵/۹)	۳۷.....
شکل ۲-۸- مقایسه فرکانس غالب لرزه اصلی با ۷ پس لرزه آن. زمین لرزه ۲۰۰۸ ژاپن (M = ۷/۲)	۳۸.....
شکل ۲-۹- مقایسه فرکانس غالب لرزه اصلی با ۵ پس لرزه آن. زمین لرزه ۱۹۸۰ Mammoth Lakes	
(M=۶/۱)	۳۸.....
شکل ۲-۱۰- مقایسه فرکانس غالب لرزه اصلی با ۵ پس لرزه آن. زمین لرزه ۱۹۹۰ ایران (M = ۶/۴)	۳۸.....
شکل ۳-۱- طیف پاسخ شتاب تحت رویداد دنباله دار برای زمین لرزه السنترو.....	۴۳.....
شکل ۳-۲- مقایسه نرخ ضریب رفتار برای دو حالت ۳ و ۱ برای زمین لرزه السنترو.....	۴۴.....
شکل ۳-۳- طیف پاسخ و طیف نرخ جابجایی غیر خطی، زمین لرزه کوآلینگا.....	۴۵.....
شکل ۳-۴- مدل الاستو پلاستیک دوخطی برای سیستم یک درجه آزادی.....	۵۰.....
شکل ۴-۱- شتابنگاشت دنباله دار، زمین لرزه Livermore در ۲۴ ژانویه سال ۱۹۸۰ (M = ۵/۸)	۵۶.....
شکل ۴-۲- شتابنگاشت دنباله دار و هم پایه شده به PGA لرزه اصلی زمین لرزه Mammoth Lakes	
در ۲۵ می سال ۱۹۸۰، الف) شتابنگاشت هم پایه نشده ب) شتابنگاشت هم پایه شده.....	۵۷.....
شکل ۴-۳- طیف پاسخ زمین لرزه ژاپن در ۲۳ اکتبر سال ۲۰۰۴ الف) ضریب شکل پذیری	
یک (u=1) ب) ضریب شکل پذیری هشت (u=۸).....	۵۹.....
شکل ۴-۴- طیف پاسخ زمین لرزه Livermore در ۲۴ ژانویه سال ۱۹۸۰ الف) ضریب شکل پذیری	
یک (u=1) ب) ضریب شکل پذیری هشت (u=۸).....	۶۰.....
شکل ۴-۵- طیف پاسخ زمین لرزه Mammoth Lakes در ۲۵ می سال ۱۹۸۰ الف) ضریب شکل پذیری	
یک (u=1) ب) ضریب شکل پذیری هشت (u=۸).....	۶۱.....

فهرست اشکال

عنوان

صفحه

- شکل ۴-۶- رویداد دنباله دار و هم پایه شده به PGA لرزه اصلی، زمین لرزه ژاپن در ۳ آگوست سال ۲۰۰۰ (الف) شتابنگاشت هم پایه نشده (ب) شتابنگاشت هم پایه..... ۶۲
- شکل ۴-۷- طیف پاسخ زمین لرزه ژاپن در ۳ آگوست سال ۲۰۰۰ (الف) ضریب شکل پذیری یک ($u=1$) (ب) ضریب شکل پذیری هشت ($u=8$)..... ۶۴
- شکل ۴-۸- طیف پاسخ زمین لرزه Mammoth Lakes در ۲۵ می سال ۱۹۸۰ (الف) ضریب شکل پذیری یک ($u=1$) (ب) ضریب شکل پذیری هشت ($u=8$)..... ۶۵
- شکل ۴-۹- انواع حالت های رویدادهای دنباله دار: حالت های ۱-۴..... ۶۶
- شکل ۴-۱۰- اثرات ضریب شکل پذیری بر روی طیف پاسخ برای هر دو ساختگاه نوع خاک و نوع سنگ (الف) حالت ۱ (ب) حالت ۲ (پ) حالت ۳..... ۷۰
- شکل ۴-۱۱- اثرات حالت های مختلف بر روی طیف پاسخ برای ساختگاه نوع خاک..... ۷۲
- شکل ۴-۱۲- اثرات حالت ها و ضرایب شکل پذیری مختلف بر روی طیف پاسخ برای ساختگاه نوع خاک..... ۷۳
- شکل ۴-۱۳- اثرات ضرایب شکل پذیری مختلف روی طیف برای ساختگاه نوع خاک..... ۷۴
- شکل ۴-۱۴- اثرات حالت ها و ضرایب سخت شدگی مختلف بر روی طیف پاسخ برای ساختگاه نوع خاک..... ۷۶
- شکل ۴-۱۵- اثرات حالت ها و ضرایب شکل پذیری مختلف بر روی طیف پاسخ برای ساختگاه نوع خاک..... ۷۷
- شکل ۴-۱۶- اثرات حالات و ضرایب سخت شدگی بر طیف پاسخ برای ساختگاه نوع خاک..... ۷۸
- شکل ۴-۱۷- اثرات ضرایب شکل پذیری مختلف بر روی طیف پاسخ برای ساختگاه نوع خاک..... ۸۰
- شکل ۴-۱۸- اثرات ضرایب شکل پذیری مختلف بر روی طیف پاسخ برای ساختگاه نوع خاک..... ۸۱

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۸۳.....	شکل ۴-۱۹- اثرات حالت‌های مختلف بر روی طیف پاسخ برای ساختگاه نوع سنگ.....
۸۴.....	شکل ۴-۲۰- اثرات حالت‌های مختلف بر روی طیف پاسخ برای ساختگاه نوع سنگ.....
	شکل ۴-۲۱- تاثیر ضریب سختی بر روی طیف پاسخ برای انواع ساختگاه و حالت ۱ الف) ساختگاه
۸۶.....	نوع خاک ب) ساختگاه نوع سنگ.....
	شکل ۴-۲۲- تاثیر ضریب سختی بر روی طیف پاسخ برای انواع ساختگاه و حالت ۲ الف) ساختگاه
۸۷.....	نوع خاک ب) ساختگاه نوع سنگ.....
	شکل ۴-۲۳- تاثیر ضریب سختی بر روی طیف پاسخ برای انواع ساختگاه و حالت ۲ الف) ساختگاه
۸۸.....	نوع خاک ب) ساختگاه نوع سنگ.....
۸۹.....	شکل ۴-۲۴- اثرات پیش‌لرزه و پس‌لرزه بر روی طیف پاسخ برای ضریب شکل پذیری ۱.....
۹۰.....	شکل ۴-۲۵- اثرات پیش‌لرزه و پس‌لرزه بر روی طیف پاسخ برای ضریب شکل پذیری ۸.....
۹۰.....	شکل ۴-۲۶- اثرات پیش‌لرزه و پس‌لرزه بر روی طیف پاسخ برای ضریب شکل پذیری ۴.....

فصل اول

جمع آوری، اصلاح و فیلتر شتابنگاشت زمین لرزه ها

پدیده زمین لرزه^۱ امروزه یکی از مهمترین و اصلی ترین مسائلی است که مهندسی عمران با آن سر و کار دارد. اهمیت این پدیده از آن جایی بسیار بالاست که مستقیماً با جان انسان‌ها در ارتباط است. هر ساله در گوشه و کنار دنیا، مردم زیادی در اثر زمین لرزه و خرابی‌های ناشی از آن جان می‌دهند. از مشکلاتی که در مورد آن وجود دارد، پیچیدگی و مجهولات ناشناخته این پدیده می‌باشد. گستردگی عوامل تاثیر گذار در زمین لرزه و عدم دسترسی کامل به اطلاعات لازم در مورد این عوامل باعث شده در ارائه راهکارها و روش‌های مختلف در زمینه خطر زمین لرزه، بسیاری از این عوامل نادیده گرفته شده و یا بطور همزمان با هم بررسی نشوند.

یکی از مباحثی که در رابطه با این پدیده طبیعی وجود دارد بررسی اثرات لرزه‌های قبل و بعد از لرزه اصلی که اصطلاحاً به آنها پیشلرزه^۲ و پس‌لرزه^۳ گفته می‌شود بر روی سازه‌های مهندسی است.

یکی از این عوامل پدیده دیگری بنام پس‌لرزه می‌باشد. در واقع لرزه اصلی و پس‌لرزه‌های آن مجموعاً یک پدیده بوده که می‌بایست اثراتشان نیز با یکدیگر در نظر گرفته شود. اما در مهندسی و آیین نامه‌های لرزه ای از توجه به اثرات پس‌لرزه‌ها صرف نظر شده است. پس‌لرزه‌ها میتوانند از جنبه‌های مختلفی خطرناک باشند. در یک منطقه لرزه زده که سازه‌های زیادی ویران شده و کشته و زخمی‌های زیادی برجا مانده است، در شرایطی که وضعیت کنترل بحران و امداد رسانی در حالت اضطراری است، وقوع پس‌لرزه‌ها می‌تواند باعث رعب و وحشت و اضطراب ساکنین و سیستم‌های امداد رسانی شده و شرایط نجات زخمی‌هایی که در زیر آوار محبوس شده اند را به مخاطره اندازد. مراکز که برای اسکان موقت

^۱Ground Motion

^۲Foreshock

^۳Aftershock

مردم و زخمی‌ها در نظر گرفته می‌شود نیز ممکن است تحت اثر این پس‌لرزه‌ها دچار آسیب شوند. از دیگر خطراتی که در ارتباط با پس‌لرزه وجود دارد، سازه‌هایی هستند که در لرزه اصلی^۱ آسیب دیده اما هنوز سرپا مانده و ظاهراً پایداری خود را حفظ کرده‌اند. سختی این سازه‌ها تحت اثر رخداد اول کاهش یافته و دیگر آن سازه اولیه با سختی لازم برای مقاومت در برابر زمین لرزه نیستند که وقوع پس‌لرزه‌ها می‌تواند باعث افزایش خسارت و ویرانی کامل این سازه‌ها بشود.

شواهدی از زمین‌لرزه‌های اخیر دنیا نیز می‌تواند بیانگر بیشتر این موضوع باشد. برای مثال زمین‌لرزه سال ۲۰۱۱ ژاپن با بزرگای ۹ دارای چندین پس‌لرزه بزرگ و قوی با بزرگای در حدود ۷ بود که در بعضی از مناطق ژاپن خسارت ناشی از این پس‌لرزه‌ها به مراتب بیشتر از لرزه اصلی بود.

جدول ۱-۱- فهرست پس‌لرزه‌های زمین‌لرزه ۱۱ مارچ ۲۰۱۱ ژاپن

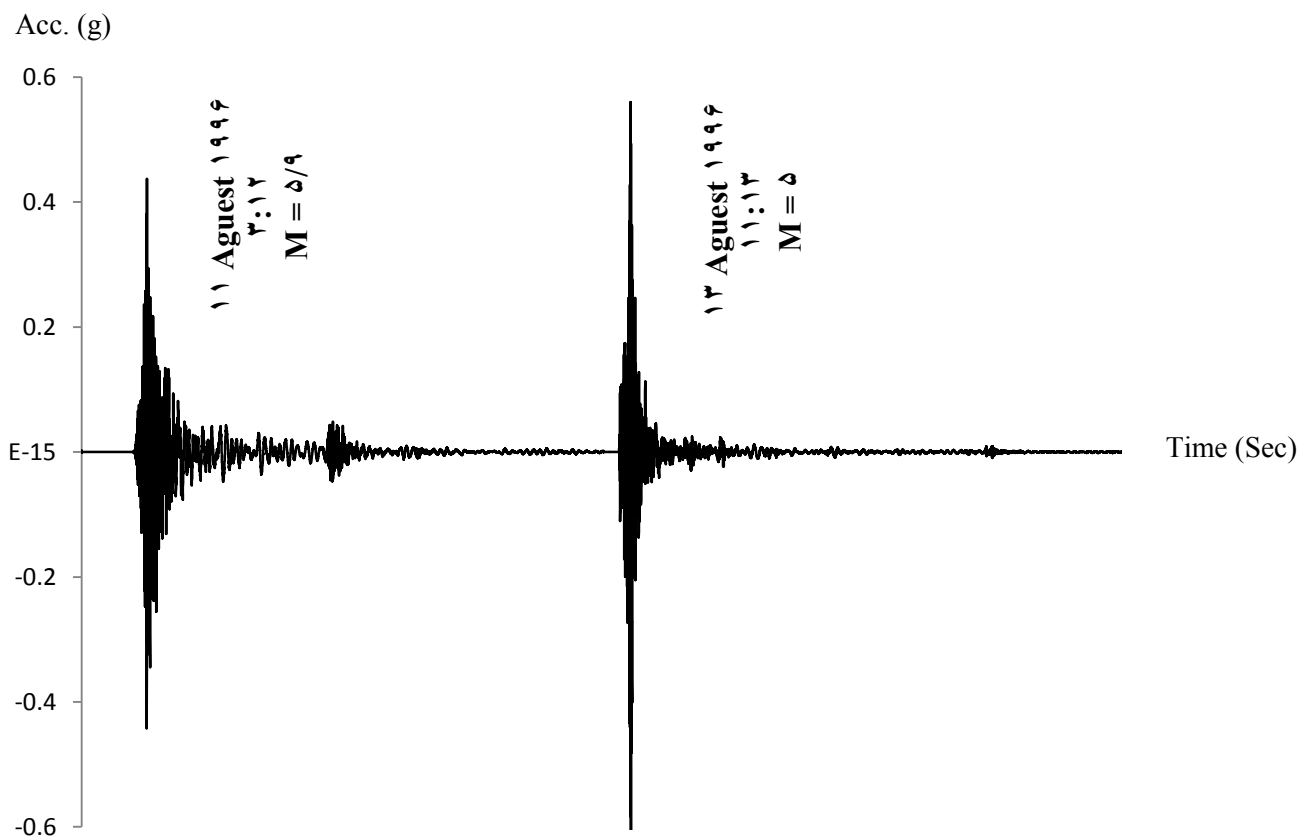
تاریخ	ساعت	بزرگای ^۲
March ۱۱, ۲۰۱۱	۱۴:۴۶	۹
March ۱۱, ۲۰۱۱	۱۵:۰۹	۷/۴
March ۱۱, ۲۰۱۱	۱۵:۲۶	۷/۵
March ۱۱, ۲۰۱۱	۱۶:۲۹	۶/۵
March ۱۱, ۲۰۱۱	۲۰:۳۷	۶/۷
March ۲۴, ۲۰۱۱	۱۷:۲۱	۶/۲
March ۲۸, ۲۰۱۱	۷:۲۴	۶/۵
April ۲, ۲۰۱۱	۱۳:۰۸	۵/۲
April ۷, ۲۰۱۱	۲۳:۳۲	۷/۱
April ۹, ۲۰۱۱	۱۸:۴۲	۵/۴

در بررسی شناخت پس‌لرزه‌ها نیز پیچیدگی و ناشناختگی‌های زیادی وجود دارد. با توجه به بررسی نمونه‌های مشاهده شده، اختلافات زیادی بین لرزه اصلی و پس‌لرزه‌های آن می‌توان یافت. از لرزه اصلی تا

^۱ Mainshock

^۲ Magnitude

پسلرزه‌های آن تغییرات زیادی در پارامترهای زلزله وجود دارد که همین امر باعث می‌شود تا یک سازه با مشخصات ثابت در معرض چندین موج زمین‌لرزه با ویژگی‌های متفاوت قرار گرفته و پایداری آن به مخاطره بیفتد. در برخی از زمین‌لرزه‌های مشاهده شده در دنیا موارد بسیاری وجود دارد که شتاب حداکثر پسلرزه‌های رخ داده چندین برابر شتاب حداکثر لرزه اصلی بوده است.



شکل ۱-۱- نمونه ای از یکی از پسلرزه‌های زمین لرزه ۱۱ آگوست ۱۹۹۶ ژاپن.

بعنوان نمونه شکل (۱-۱) مربوط به شتابنگاشت لرزه اصلی به همراه یکی از پس لرزه های زمین لرزه ۱۱ آگوست ۱۹۹۶ ژاپن می باشد. همانطور که مشاهده می شود پس لرزه با بزرگای کوچکتر از لرزه اصلی، شتاب حداکثر بیشتری دارد.

در بررسی دیگری از این رخدادها می توان دریافت که فرکانس غالب پس لرزه ها نسبت به یکدیگر و زلزله اصلی تفاوت های زیادی دارند که این امر می تواند برای طیف وسیعی از سازه ها با فرکانس های طبیعی متفاوت از نظر پدیده تشدید حائز اهمیت باشد. که شکل (۱-۲) مربوط به طیف فوریه دو زمین لرزه (لرزه اصلی و پس لرزه) ۱۱ آگوست ۱۹۹۶ ژاپن می باشد. همانطور که مشاهده می شود محتویات فرکانسی لرزه اصلی و پس لرزه آن بسیار متفاوت از یکدیگر می باشند.

